دليل بناء

طائرات بدون طيّار

درونز - DRONES

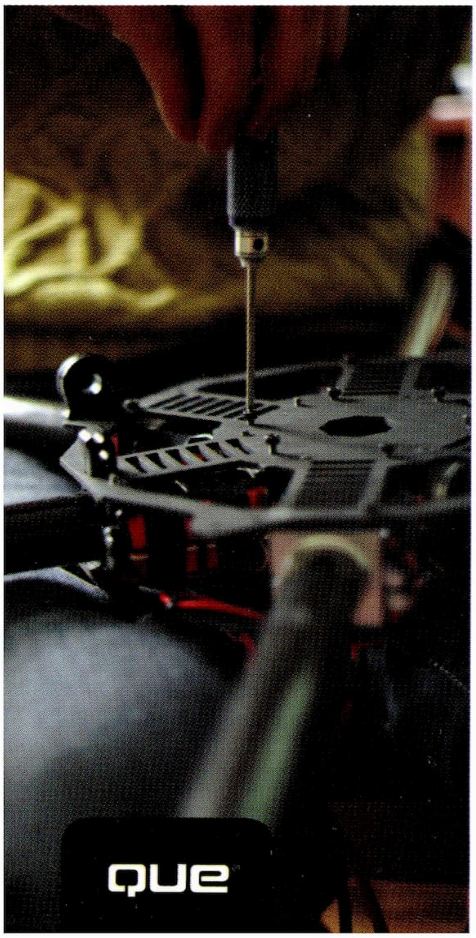
دليل المبتدئين إلى الطائرات بدون طيّار،
والمركبات الجوية غير المأهولة، والعربات الجوّالة

جون بايختال











que

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

دليل بناء

طائرات بدون طيّار

درونز - DRONES

دليل بناء

طائرات بدون طيّار

DRONES - درونز

دليل المبتدئين إلى الطائرات بدون طيّار،
والمركبات الجوية غير المأهولة، والعربات الجوّالة

جون بايختال

ترجمة
أوليغ عوكي

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي
BUILDING YOUR OWN DRONES
حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر
Pearson Education
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون، ش.م.ل.
Copyright © 2016 by Que Publishing
All rights reserved
Arabic Copyright © 2016 by Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L

جميع الحقوق محفوظة للناشر

الطبعة الأولى
1436 هـ - 2016 م

ردمك 978-614-01-1705-1

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (1-961+)
ص.ب: 13-5574 شوران - بيروت 2050-1102 - لبنان
فاكس: 786230 (1-961+) - البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb
الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو الكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروءة أو أية وسيلة نشر أخرى بما فيها حفظ المعلومات، واسترجاعها من دون إذن خطي من الناشر.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأي الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل

التنضيد وفرز الألوان: **أبجد غرافيكس**، بيروت - هاتف 785107 (1-961+)
الطباعة: **مطابع الدار العربية للعلوم**، بيروت - هاتف 786233 (1-961+)

المحتويات

9 أدوات صانع الطائرة بدون طيّار 125

10 بناء كوادكوبتر، الجزء الرابع: أنظمة الطاقة 135

11 مشروع مركبة غير مأهولة منقولة بالماء 153

مقدمة

تحـــتل الطائرات بدون طيّار (drones، درونز) صدارة نشرات الأخبار طوال الوقت - والحق يُقال إنه مـــن المـــرجّح أن يزداد دورها في حياتنا في المستقبل. يمكننا أن نرتدي قبعة من ورق الألمنيوم (اعتقاداً أننا سنحمي أنفسنا من مراقبة الحكومة لتفكيرنا أو من سيطرة الكائنات الفضائية على عقولنا) ونبحث عن ظل هليكوبتر (مروحية) صغيرة تحوم فوقنا في السماء، أو يمكننا أن نتعلّم قدر ما نستطيع عن هذه الأجهزة المثيرة للاهـــتمام. أقتـــرح أن نفعـــل الخيار الثاني - فهناك الكثير من التكنولوجيا الجميلة حولنا، وأفضل وسيلة للتحكم بها هي فهمها.

لَمن يتوجّه هذا الكتاب؟

ســـيقدِّر صـــانعو الطائرات بدون طيّار الطَموحون من كافة الأصناف هذا الكتاب، كونه يغطي نواحٍ عديـــدة مختلفة من مشاريع بناء طائرة بدون طيّار خاصة بك، وهذا لا يقتصر على الإلكترونيات فحسب، بل أيضاً على المحرّكات، وأساليب وأدوات بناء هياكل الطائرات.

محتويات هذا الكتاب

يتألف هذا الكتاب من مشروع رئيسي لبناء كوادكوبتر (مروحية رُباعية المراوح) في الفصول المختلفة. وستـــشرح لك الفصول المتناوبة مجموعةً متنوعةً من المشاريع مثل بناء صاروخ مُسيَّر آلياً لتجميع البيانات، ومنطاد بيضوي، وزورق مصنوع من زجاجات المياه الغازية، مما سيعطيك فكرةً عن الطائرات بدون طيّار أبعد من تلك الكوادكوبترات التي تضجّ بها الأخبار هذه الأيام.

- يستعرض الفصل 1، "مقدمة: تاريخ الطائرات بدون طيّار"، تاريخ الطائرات بدون طيّار ويُطلعك على أحدث الحدود التكنولوجيّة والمصطلحات التي يستخدمها طيّارو الطائرات بدون طيّار.
- يصف الفصل 2، "استعراض الطائرات بدون طيّار الجميلة المصنوعة يدوياً"، دزينة طائرات بدون طيّار جميلة، من بينها المركبات الجوية ذات القيادة الآلية (UAVs، أو unmanned aerial vehicles)، والغواصات المُشغَّلة عن بُعد (ROVs، أو remotely-operated underwater vehicles)، والعربات الجوّالة المصنوعة من قِبل هواة.

- يقدِّم الفصل 3، "نظرة عامة على الطائرات بدون طيّار التجارية"، عدداً من الطائرات بدون طيّار التجارية التي قد يهمّك شراءها، تتراوح من كوادكوبتر تحمل كاميرا فيديو إلى مستكشفٍ تحت سطح البحر.
- يبدأ الفصل 4، "بناء كوادكوبتر، الجزء الأول: اختيار هيكل الطائرة"، مشروع بناء الكوادكوبتر بينما تتعلَّم عن تشكيلة متنوعة من منتجات هياكل الطائرات، وستبدأ ببناء هيكل كوادكوبتر خاصة بك انطلاقاً من طقم أدوات جاهزة.
- يبتعد الفصل 5، "طائرة صاروخية بدون طيّار"، قليلاً عن مشروع الكوادكوبتر ويجعلك تبني طائرة صاروخية بدون طيّار، وهي عبارة عن صاروخ ذي حمولة أردوينو أساسية.
- يناقش الفصل 6، "بناء كوادكوبتر، الجزء الثاني: المحرّكات والمراوح"، مكوّنين أساسيين لبناء مروحيتك الرُباعية المراوح، ويقدِّم لك الخيارات المختلفة لشراء المحرّكات والمراوح، كما يبيِّن لك كيفية تركيبها على هيكل المروحية.
- يبيِّن لك الفصل 7، "مشروع المنطاد البيضوي بدون طيّار"، كيفية بناء منطاد بيضوي بدون طيّار، وهو عبارة عن روبوت (رجل آلي) خشبي صغير مرفوع عالياً بواسطة بالونات من الهليوم.
- يبيِّن لك الفصل 8، "بناء كوادكوبتر، الجزء الثالث: جهاز القيادة"، كيفية التحكم بالروبوت أثناء طيرانه في الهواء، علماً أن متحكمات الطيران والمتحكمات الإلكترونية بالسرعة هي التي تُنجز القسم الأكبر من هذه المهمة.
- يغطي الفصل 9، "أدوات صانع الطائرة بدون طيّار"، مختلف الأدوات التي استخدَمتُها لبناء المشاريع في الكتاب.
- يقدِّم الفصل 10، "بناء كوادكوبتر، الجزء الرابع: أنظمة الطاقة"، موضوعاً مهماً جداً هو كيفية مدّ الكوادكوبتر بالطاقة. وهذا يتضمن تعليماتٍ عن بناء نظام توزيع للطاقة من أجل إيصال الكهرباء إلى المحرّكات.
- يوضِّح الفصل 11، "مشروع مركبة غير مأهولة منقولة بالماء"، كيفية بناء مركبة بسيطة تعمل عن بُعد مصنوعة من زجاجات مياه غازية.
- يغطي الفصل 12، "بناء كوادكوبتر، الجزء الخامس: الأكسسوارات"، تشكيلة الأكسسوارات، مثل حاملات الكاميرات مثلاً، المتوفرة للشراء أو التصنيع.
- يبيِّن لك الفصل 13، "صناعة عربة جوّالة"، كيفية تصنيع روبوت متحرّك يستخدم رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو لكي يتنقّل.
- يقدِّم الفصل 14، "بناء كوادكوبتر، الجزء السادس: البرامج"، بعض برامج القيادة وبرامج الطيّار الآلي كما يستكشف بواطن وظواهر برنامج الطيّار الآلي الذي استخدمناه في مشروع المروحية. وعند انتهاء الكتاب ستكون قد أكملتَ بناء الكوادكوبتر.

- أخيراً، يشرح المعجم مختلف المصطلحات المستخدَمة في كل الفصول.

إذا كانت لديك أي أسئلة، أو تريد أن تتعلم المزيد عن المشاريع وكتبي الأخرى، فإن أفضل وسيلة هي زيارة صفحتي على فايسبوك، www.facebook.com/baichtal. كما يمكنك مراسلتي بالبريد الإلكتروني على العنوان nerdyjb@gmail.com أو متابعة أخباري على تويتر @johnbaichtal. حظاً سعيداً في بناء طائرتك بدون طيّار!

1

تاريخ الطائرات بدون طيّار

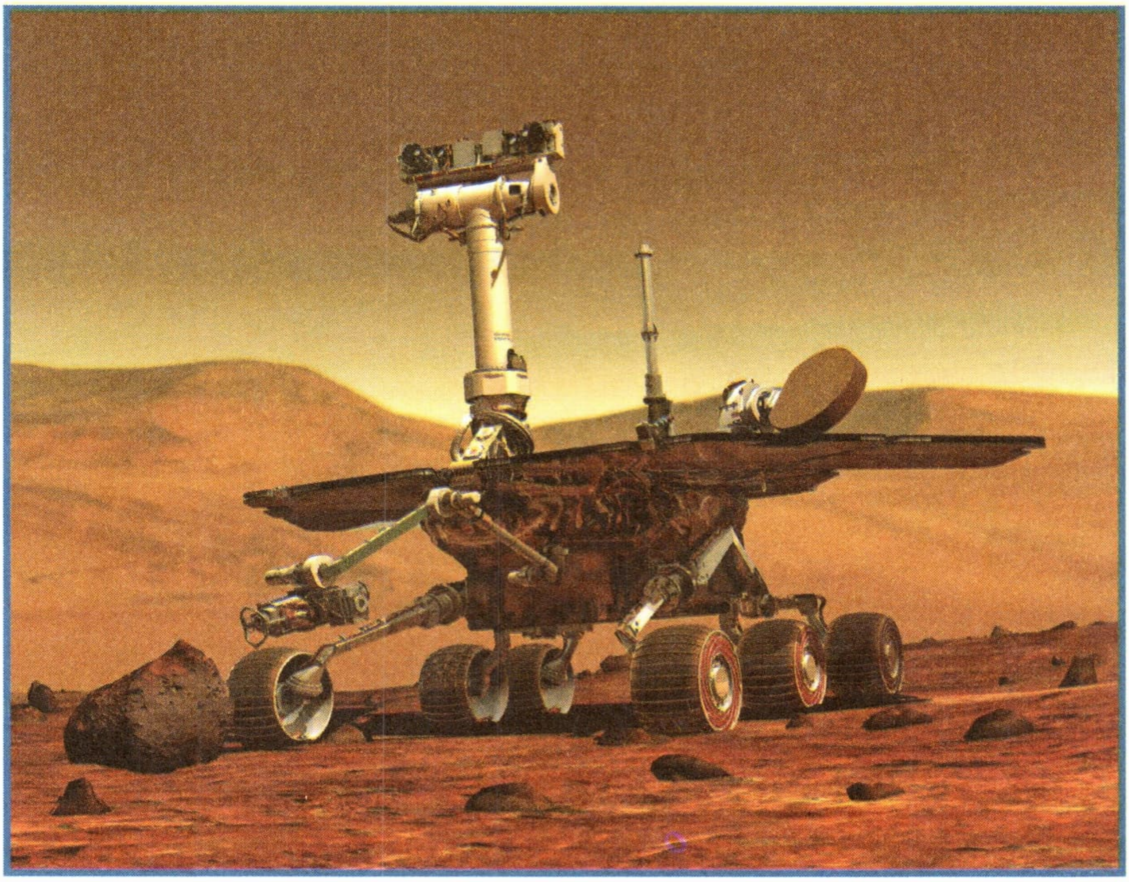
تخـــيَّل سيارةً من دون سائق أو طائرةً من دون طيّار، وهناك كمبيوتر محل الشخص الذي يقود المركبة. ما تتخيَّله هو ما يسمّى طائرة بدون طيّار (drone، درون).

أخبار الطائرات بدون طيّار تملأ كل مكان، خاصة في قصص المعارك عن المركبات الجوية ذات القيادة الآلـــية (UAVs) الـــتي تُطلق قذائف على أهداف موجودة في النصف الآخر من العالم بعيداً عن الشخص الذي ضغط الزر. لكن لا تُستخدَم كل الطائرات بدون طيّار في الحروب، فالبعض منها مسالمة.

لقد أدّت التخفيضات في ميزانية الناسا إلى تسليط الضوء على تلك المسبارات العاملة عن بُعد - وأولها وأشهرها كان عربات المريخ الجوّالة (مارس روفر، راجع الشكل 1-1). وقد فاق أداء تلك العربات الجوّالة التي يتم التحكّم بها عن بُعد كل توقّعات مهندسي الناسا بمقدار كبير.

الاستخدام الحكومي للطائرات بدون طيّار مسألة مفروغٌ منها، لكن هل يستخدم الهواة أيضاً الطائرات بدون طيّار؟ الجواب هو نعم. فالهواة العاديون، والمُصلحون غير الخبراء، ومالكو الشركات الصغيرة يصنعون ويشغّلون طائرات بدون طيّار خاصة بهم. يطيِّر مزارعو العنب مثلاً كوادكوبترات (مروحيات صغيرة بأربعة مـــراوح) مجهَّـــزة بكـــاميرا ليراقـــبوا حالة أوراق عرائش العنب من دون أن يغادروا منازلهم. كما ساهم المـــستثمرون الآخرون الذين يطيّرون كوادكوبترات مشابهة بالقضاء على مهنة التصوير الفوتوغرافي الجوي عـــن طـــريق إلغـــاء الحاجة إلى هليكوبترات ذات حجم كامل. وقد بدأ موقع أمازون الشهير وغيره من الشركات بدراسة فكرة توصيل الطرود بواسطة طائرات بدون طيّار.

هـــدف هـــذا الكتاب هو تعريفك على أحدث نماذج الكوادكوبترات، والمركبات الجوية ذات القيادة الآلـــية، والغواصات (أو المركبات) المُشغَّلة عن بُعد، وآخر ما توصّلت إليه التكنولوجيا، مع فرصة للعمل علـــى مشاريع طائرات بدون طيّار بسيطة مثل صاروخٍ مزوّد بمقياس للتسارع، وطائرة بدون طيّار منقولة بالمـــاء، ومنطاد بيضوي آلي مصنوع من بالونات مايلر. وسأُطلعك في الوقت نفسه على التفاصيل الدقيقة لتجمـــيع مروحية كوادكوبتر، مما يتيح لك بناء مروحية خاصة بك أو تعلّم كيفية تحسين واحدة مصنوعة مسبقاً وجعلها أفضل.



الشكل 1-1 تصوّر مبدئي لعربة مارس الجوّالة.

ما هي الطائرة بدون طيّار؟

دعنا نتّفق على نقطة واحدة منذ البداية: تعريف "الطائرة بدون طيّار" ليس واضحاً جداً.

فالكلمة الإنكليزية لهذه الطائرات بدون طيّار هي drone (درون) وهي مأخوذة من ذَكَر نحل العسل الذي ينفّذ مهامه بدون تفكير، ويخضع لسيطرة ملكة بعيدة جداً. بشكل مماثل، الطائرة التي تتضمن متحكماً صُغرياً (microcontroller) مبرمَجاً ليعمل مثل الطيّار الآلي في طائرات الركاب تعمل بنفس الطريقة تقريباً، ولو أن ذلك يتم بمساعدة التكنولوجيا.

وتنقسم الأجهزة التي يُقال لها طائرات بدون طيّار إلى نوعين أساسيين. أولاً، هناك **الروبوتات المستقلة بذاتها** التي يتحكّم بها مشغّلوها عندما تدعو الحاجة. أما بقية الوقت، فيتولّى الطيّارون الآليون زمام الأمور، مما يتيح لمشغّل واحد نظرياً بإدارة عدة طائرات. لكن عندما تدعو الحاجة، يستطيع المشغّل تعطيل الطيّار الآلي واستعادة السيطرة على الطائرة.

ويتضمن النوع الثاني رُباعيات المحرّكات وبقية الطائرات "الشبيهة بالهليكوبتر". ويسمّيها عموم الناس أحياناً طائرات بدون طيّار، رغم حقيقة أن معظمها مجرد نماذج يُتحكَّم بها لاسلكياً وليست مستقلة بذاتها. والأرجح أن سبب دمج هذين التعريفَين يعود إلى أن متعددات المحرّكات أصبحت مؤخراً منصةً رائعةً للرحلات الجوية المستقلة بذاتها المسيَّرة بطيّار آلي والمرتكزة على متحكم صُغري.

يـــشغِّل الهواة حشوداً من رُباعيات المحرّكات، فينشئون ألعاباً جديدةً تتنافس فيها الطائرات بدون طيّار ضد بعضها البعض، ويضيفون إليها كل شيء من كاميرات إلى مستشعرات بارومترية ومُقدِّرات مدى فوق صوتية. في غضون ذلك، تطوَّرت سوق تعليمية ضخمة، حيث يبني المَراهقون والأطفال اليافعون روبوتات مستقلة بذاتها باستخدام مجموعات بناء مثل الليغو مايندستورمز (Mindstorms) وVEX.

لا نزال اليوم في مهد ظاهرةٍ رائعة، ويمكننا أن نكون جزءاً من نموّها! هيا بنا لكي نبني بعض الطائرات بدون طيّار.

ثلاثة أنواع من التضاريس

يتم التمييز بين الطائرات بدون طيّار استناداً إلى طبيعة التضاريس الأرضية التي تجتازها المركبة:

- المركبات الجوية ذات القيادة الآلية (unmanned aerial vehicles، أو UAVs)
- المركبات المُشغَّلة عن بُعد (remotely operated vehicles، أو ROVs)
- العربات الجوّالة (rovers)

سنناقش هذه الأنواع الثلاثة من الطائرات بدون طيّار في الأقسام التالية.

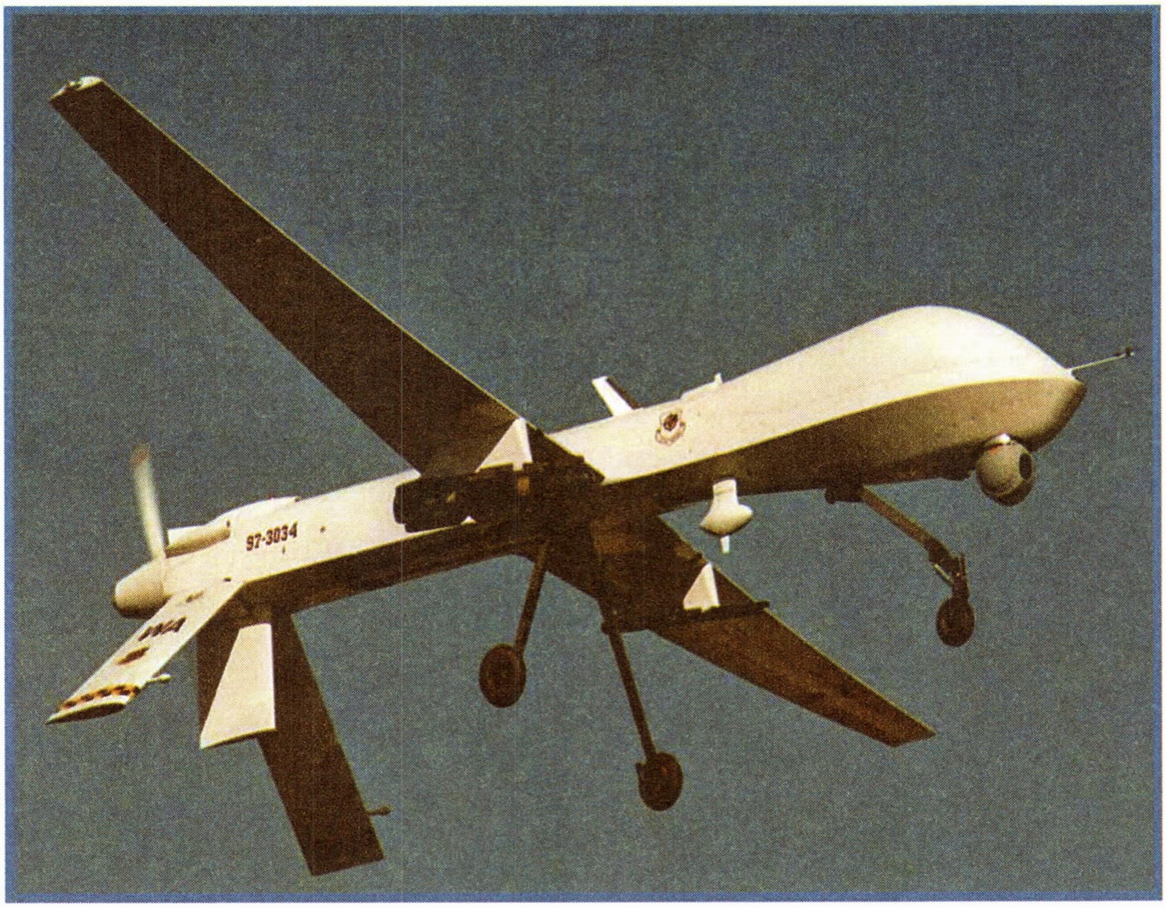
المركبات الجوية ذات القيادة الآلية

يـــصف المـــصطلح "مركبة جوية ذات قيادة آلية" الطائرات بدون طيّار (مثل طائرة البريديتور المبيَّنة في الـــشكل 1-2) والهليكوبتـــرات. لذا فإن أي شيء يعمل في الهواء سنسمّيه مركبة جوية ذات قيادة آلية. وأشهر مركبة جوية ذات قيادة آلية من صنع الهواة هي المروحية الرُباعية المحرّكات (كوادروتر) أو المروحية الرُباعية المراوح (كوادكوبتر)، وبسبب شعبيتها الكبيرة، سيركِّز هذا الكتاب على هذا النوع من المركبات الجوية ذات القيادة الآلية.

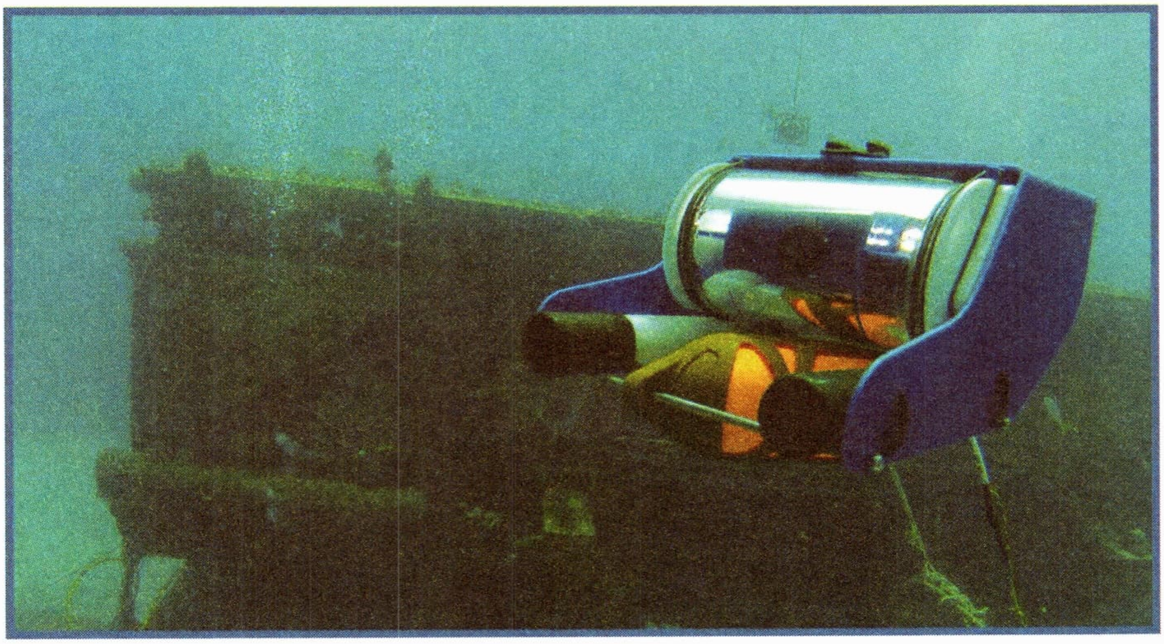
يـــتم الـــتحكّم بالمـــركبات الجوية ذات القيادة الآلية في معظم الأحيان بواسطة موجات الراديو، مثل الإشـــارات الـــتي يولّدها الهاتف اللاسلكي. ويستخدم بعضها الآخر تكنولوجيا الواي-فاي (Wi-Fi) أو تكنولوجـــيا الخلـــوي لإجراء التواصل. كما أن العديد منها يتضمن مستقبِلات نظام التموضع العالمي لكي يمكن تعقّب خط طيرانها على الخريطة.

المركبات المُشغَّلة عن بُعد

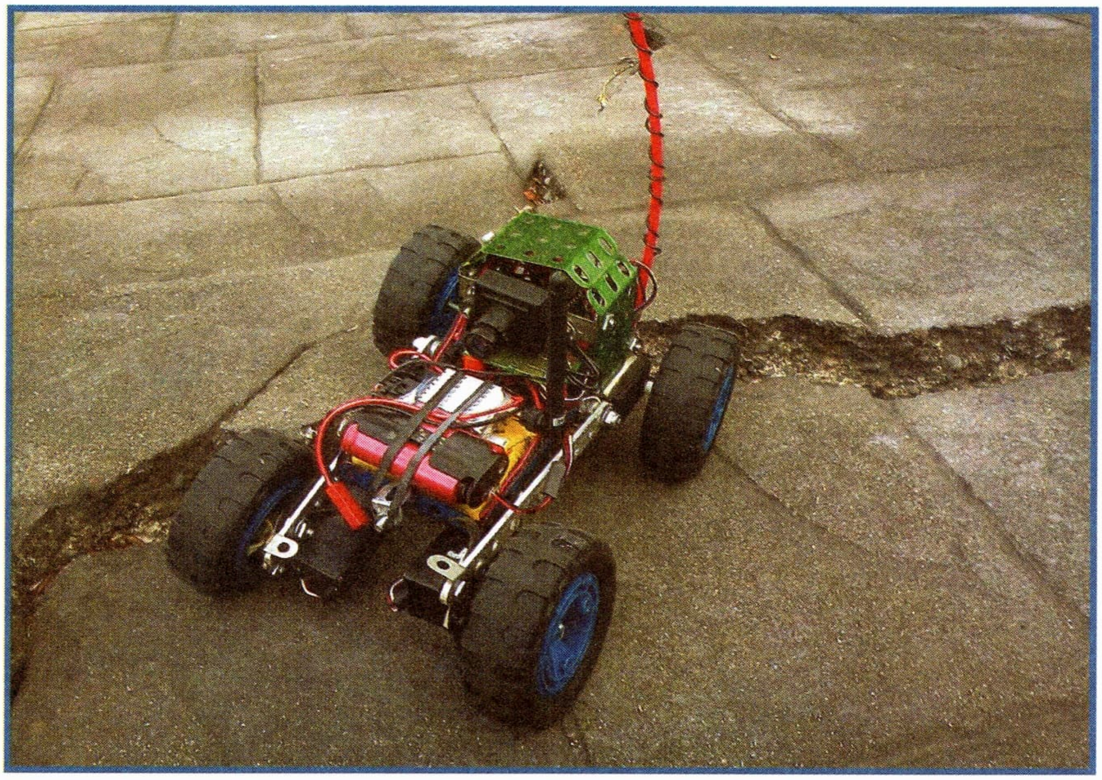
المـــركبة المُشغَّلة عن بُعد هي غواصة صغيرة مربوطة عادة بزورقٍ بواسطة سلك بيانات يكون ضرورياً لأن الماء يعيق الموجات اللاسلكية بشكل كبير. وبدأ مستكشفو المحيطات باستخدام الغواصات المُشغَّلة عن بُعد منذ سنوات. يمكنك رؤية مثال عن مركبة مُشغَّلة عن بُعد في الشكل 1-3.



الشكل 1-2 لعبت طائرة البريديتور (Predetor) دوراً كبيراً في تعليم العامة عن الطائرات بدون طيّار وطريقة عملها.



الشكل 1-3 المركبة المُشغَّلة عن بُعد OpenROV أثناء استكشافها حطام سفينة.



الشكل 1-4 هذه العربة الجوّالة التي تحمل كاميرا تستخدم عجلات ذات نتوءات للتضاريس الوعرة.

العربات الجوّالة

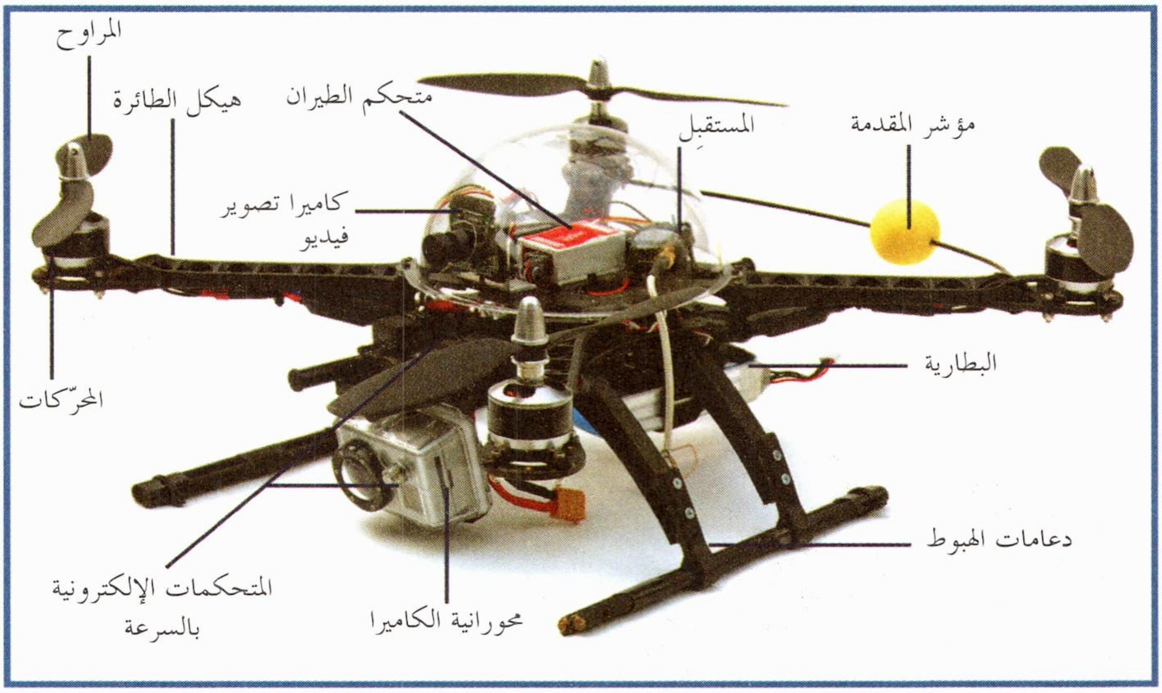
العربة الجوّالة (rover) هي سيارة تُدار لاسلكياً توفّر ميزات إضافية، فهي تسير وتتجوّل على أي نوع من التضاريس باستخدام مستشعرات لاكتشاف العقبات. وغالباً ما تستخدم جنازير الدبابة أو عجلات ذات نتوءات، كما هو مبيَّن في الشكل 1-4؛ وهذا يساعدها على اجتياز التضاريس غير المستقيمة. وتعطيها طبيعتها الأرضية القدرة على استخدام كافة أصناف المستشعرات للتنقّل، بما في ذلك المستشعِرات فوق الصوتية، والتعرّف بتردّدات الراديو، واستشعار الصدمات. ستبني عربةً جوّالةً في الفصل 13.

تشريح الطائرة بدون طيّار

ستختلف كل طائرة بدون طيّار مصنوعة في البيت عن بقية الطائرات بدون طيّار؛ لكن هناك عدة ميزات مشتركة بين معظم الطائرات بدون طيّار. وما يلي لائحة بالمكوّنات المألوفة للكوادكوبتر. استعن بالشكل 1-5 لترى دور كل قطعة في المشروع الإجمالي.

أ. **المراوح** – تتألف مراوح الكوادكوبتر عادة من مروحتين قياسيتين ومروحتين "دافعتين" تدوران في اتجاه معاكس.

ب. **المحرّكات** – تستخدم رُباعيات المحرّكات محرّكات تعمل على التيار المستمر أو التيار المتناوب. وهناك تشكيلات وأسعار لا تُعدّ ولا تُحصى منها، معً تفضيل المُصلحين غير الخبراء الأغنياء للمحرّكات الأغلى ثمناً. سأناقش بالتفصيل في الفصل 6 بعض المحرّكات الرائعة السهلة الاستخدام للهواة.



الشكل 1-5 تتضمن الكوادكوبتر الكثير من القطع والمعدات.

ج. **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة** (**electronic speed controllers أو ESCs**) – تحوِّل التيار المستمر إلى تيار متناوب للمحرّكات التي لا تحتوي على مبدّلات كهربائية، كما تشغِّل مزوِّد طاقة المحرّكات. ستحتاج إلى متحكم واحد لكل محرّك. يمكن تعديل برامج المتحكمات الإلكترونية بالسرعة لإنشاء تصرّفات مختلفة للمحرّك. مثلاً، يتم في أغلب الأحيان ضبط تكوين المتحكمات الإلكترونية بالسرعة من أجل إبطاء المحرّك بدلاً من إيقافه فجأة.

د. **متحكم الطيران** – يساعد في الطيران اليدوي مع بعض الوظائف المستقلة بذاتها. مثلاً، يتضمن العديد من متحكمات الطيران مستشعر إمالة يُبقي الطائرة بدون طيّار مستقيمة. وغالباً ما تحتوي متحكمات الطيران على روتين مبرمَج مسبقاً تنفِّذه إذا خرجت الكوادكوبتر عن نطاق السيطرة.

هـ. **هيكل الطائرة** – إنه الإسم الملائم لشاسيه (الهيكل المعدني) الطائرة بدون طيّار. يتألف هيكل الطائرة من عدة عناصر مختلفة، من بينها ذراع المحرّك وكذلك صندوق أو منصة لتخزين الإلكترونيات.

و. **البطارية** – نوعها LiPoly في أغلب الأحيان، وهي تُبقي المراوح تدور بينما تزوِّد بالطاقة أيضاً أي إلكترونيات مركّبة ضمن الطائرة.

ز. **محورانية الكاميرا** – إنها منصة دوّارة يتم تركيب كاميرا الفيديو عليها. وتتيح المحرّكات المؤازِرة لمشغِّل الطائرة أن يبرم الكاميرا ويوجّهها خلال الطيران.

ح. **دعامات الهبوط** – تحتاج الكوادكوبترات التي تتضمن محورانية كاميرا أو أي نتوءات أخرى في سطحها السفلي إلى دعامات هبوط، وهي أرجل صغيرة تستريح عليها الطائرة بدون طيّار عندما تجلس على الأرض. من جهة أخرى، الطائرات بدون طيّار التي لا تحتوي على محورانيات لا تحتاج إلى دعامات في أغلب الأحيان، وتهبط ببساطة بحيث يلامس هيكل الطائرة بأكمله سطح الأرض.

ط. **مؤشر المقدمة** – يحتاج مشغّل الكوادكوبتر إلى معرفة مقدمة الطائرة أثناء طيرانها، وقد لا يكون هذا واضحاً بالضرورة. هناك عدة حلول لهذه المسألة، تتراوح من استخدام مراوح ذات ألوان مختلفة، إلى تركيب دايودات باعثة للضوء أو أي مادة عاكسة – أو في حالة الكوادكوبتر المبيَّنة في الشكل 1-5، تركيب كُرة ملوَّنة تشير إلى **مؤخر** الطائرة. المهم في المسألة هو أن تستخدم شيئاً يكون ذا معنى لك!

ي. **كاميرا تصوير فيديو** – إنها كاميرا منخفضة الدقة ترسل صورها إلى محطة أرضية عبر موجات لاسلكية.

ك. **المستقبِل** – هذا الصندوق الصغير يترجم الإشارات اللاسلكية إلى تعليمات لمتحكم الطيران.

الخلاصة

لقد تعلَّمت في هذا الفصل عن الطائرات بدون طيّار، وتكاوينها الشائعة، ومختلف المكوّنات التي توضَع فيها. سترى في الفصل 2 ما فعله الآخرون بهذه التكنولوجيا، وستتفاجأ من مقدار التنوّع الكبير في كل المشاريع الجميلة الموجودة حولنا!

2

استعراض الطائرات بدون طيّار الجميلة المصنوعة يدوياً

إذاً تـــريد بـــناء طائرات بدون طيّار خاصة بك؟ رائع. أفضل طريقة للبدء بذلك هي إبداء الإعجاب بالأعمـــال التي أنجزها الآخرون. المشاريع الـــ 12 التالية هي مجرد عيّنة من كل الأعمال الجميلة المصنوعة يدوياً (DIY، اختصار do-it-yourself) التي يمكنك رؤيتها من حولك!

كوادكوبتر إطار الدراجة الهوائية

يـــؤكّد هذا المشروع نظرية أنه يمكن تحويل أي شيء تقريباً ليصبح هيكل كوادكوبتر، طالما كان وزنه خفـــيفاً إلى حد معقول وقوياً. هذه الكوادكوبتر (من صنع سام لي، Sam Ley، والمبيَّنة في الشكل 2-1) تطير بشكل جيداً جداً وقد نجت من عدة حوادث تحطّم.

ستـــشتري أو تـــبني هـــيكل طائـــرتك في الفصل 4، لكن قبل أن تأخذ قرارك، ألق نظرة على هذه الكوادكوبتر المجنونة واعلم أن لديك الكثير من الخيارات.

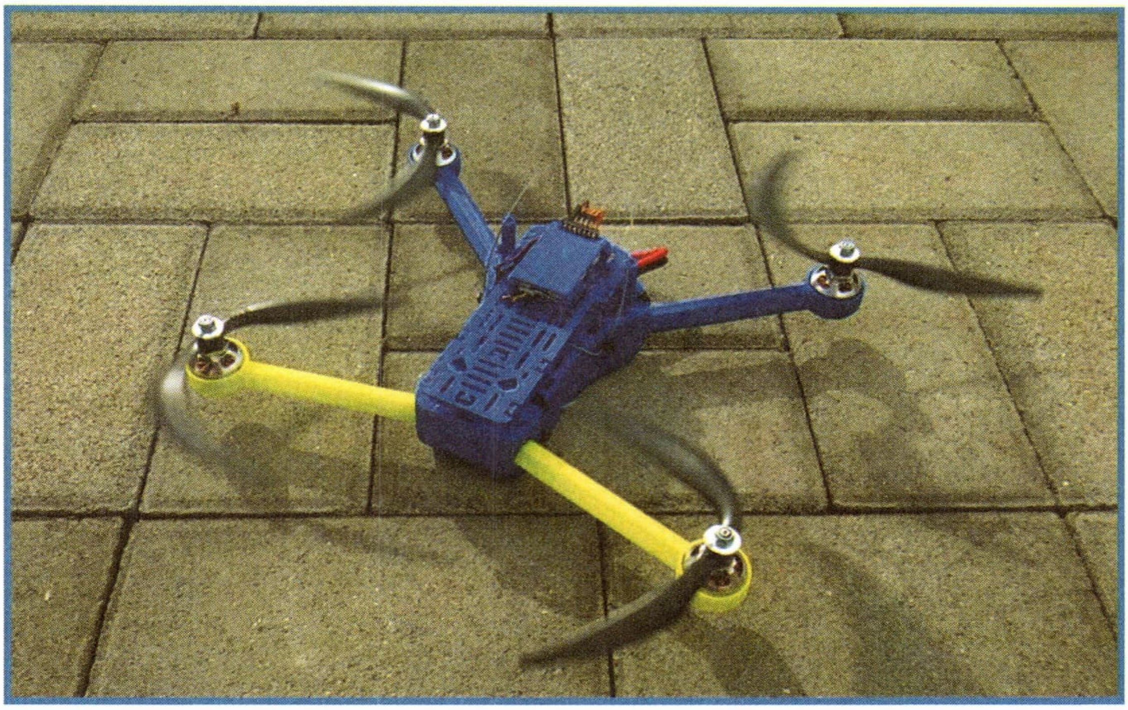
كوادكوبتر مصغَّرة مطبوعة بالأبعاد الثلاثية

يـــأتي هـــيكل الطائرة هذا، من تصميم مستخدم الموقع Thingiverse الذي يدعى Brendan22، في تـــشكيلة متنوعة من التكاوين، من بينها الطائرة بدون طيّار المصغَّرة الرُباعية الريَش المبيَّنة في الشكل 2-2. وهـــناك تكوين آخر، يدعى T-6، يتألف من ثلاث أذرع لكل واحدة منها محرّكان ومراوح. يمكنك إيجاد تصاميم Brendan22 في موقع الويب التالي: /http://www.thingiverse.com/Brendan22.

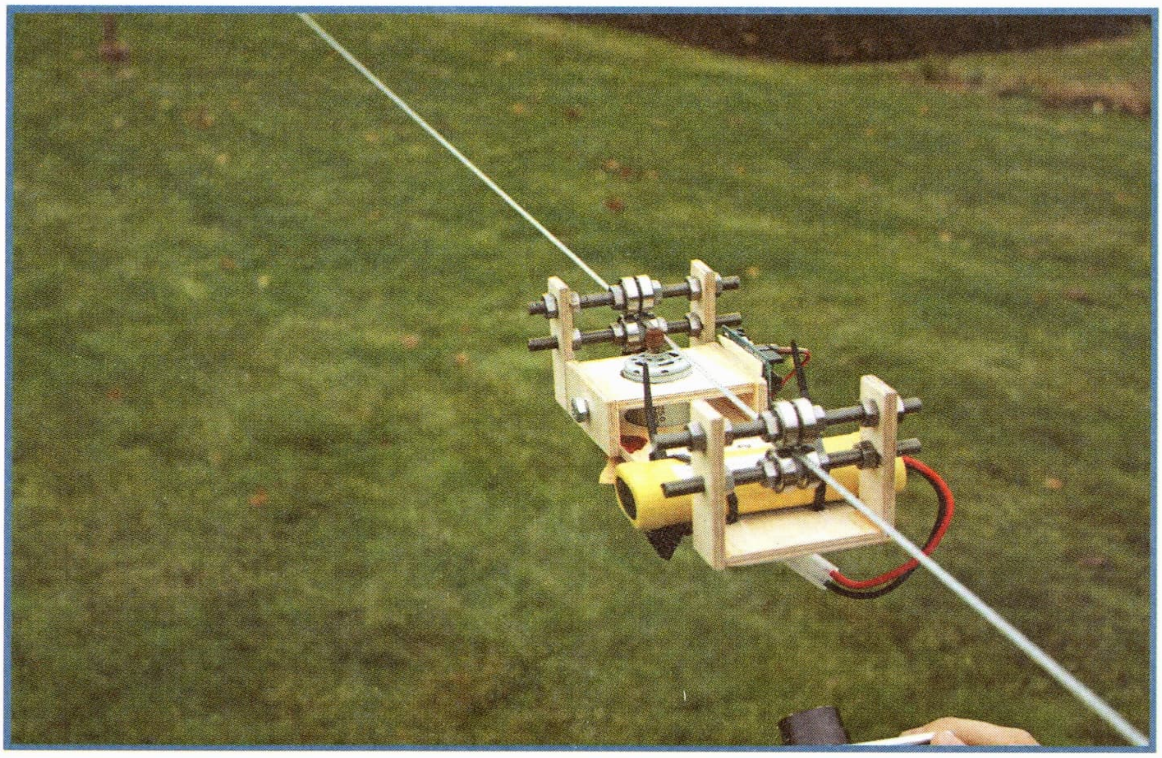
هــذا مــثالٌ آخر عن هيكل طائرة مصنوع يدوياً يجب أن تفكّر به عندما تصنع هيكلك في الفصل 4. يمكنك أن توفّر على نفسك مقداراً كبيراً من الوقت بالاستفادة من الموارد المجانية مثل Thingiverse لكي تصنع القطع التي تريدها بكل بساطة. طبعاً شرط أن تكون لديك طابعة ثلاثية الأبعاد!



الشكل 2-1 استفاد سام لي من مادة لديه ليصنع هيكل طائرته الكوادكوبتر.



الشكل 2-2 هل لديك فكرة بشأن تصميم هيكل الطائرة؟ فقط اطبعه!.



الشكل 2-3 هذا الروبوت المستقل بذاته يسير ذهاباً وإياباً على السلك.

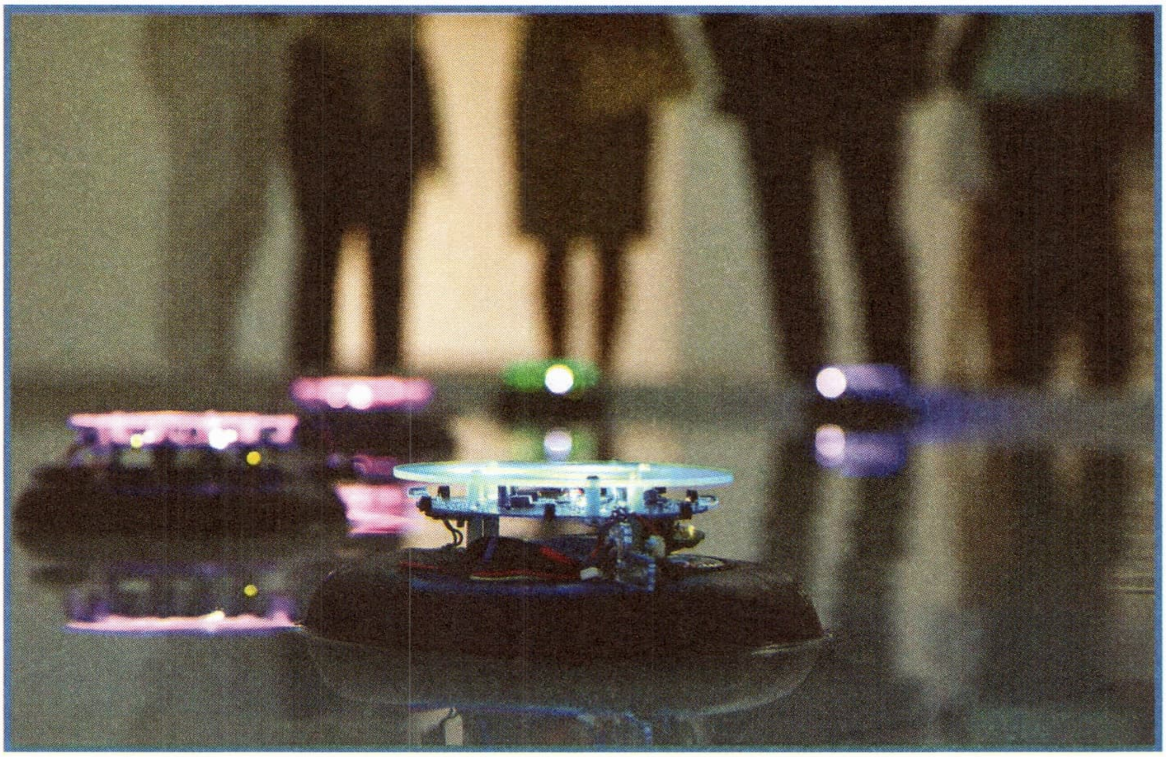
عدّاء حبل الغسيل

هذا الروبوت المستقل بذاته، من صنع مايك هورد (Mike Hord)، يسير على حبل غسيل أو كبل حتى نهايته، ثم يعكس اتجاهه. صحيح أنه طائرة بدون طيّار بسيطة جداً، لكنه رغم ذلك طائرة بدون طيّار! ويستخدم نظام تحكم بدائي جداً هو عبارة عن مستشعر فوق صوتي يبلّغ المتحكم الصُغري بأن يعكس اتجاه المحرّك - بدون أي قيادة. يمكنك رؤية العدّاء في الشكل 2-3.

يبرهن هذا العدّاء أنه بإمكان الطائرات بدون طيّار أن تبدو بأي شكل كان. فلا تحصر نفسك بفئة واحدة فقط عند بناء طائرتك بدون طيّار. تناقش أربعة فصول من هذا الكتاب طائرات بدون طيّار ليست مروحيات رُباعية المراوح، من بينها صاروخ، ومنطاد بيضوي، وزورق، وسيارة.

Vessels (سُفن)

Vessels (سُفن) هو مشروع قام به ستيفن كيلي (Stephen Kelly) وسوفيان أودري (Sofian Audry) وسامويل سانت أوبين (Samuel St. Aubin)، ويتألف من عشرات الروبوتات العائمة الصغيرة (مبيَّنة في الشكل 2-4) التي تطوف في حوضٍ وتتواصل مع بعضها البعض بواسطة إشارات أشعة تحت الحمراء ونغمات صوتية. الفكرة هي جعلها تتصرف وكأنها كائنات حيّة نامية. يمكنك تعلّم المزيد عن المشروع Vessels (سُفن) على العنوان /http://vessels.perte-de-signal.org/project.



الشكل 2-4 هذه الروبوتات المستقلة بذاتها تتصرّف في الواقع وكأنها كائنات حيّة.

يناقش الفصل 11 بالتفصيل طائرةً بدون طيّار عائمةً تستخدم مروحة كمبيوتر لكي تتنقّل. وتُعتبر هكذا زوارق بسيطة وبطيئة الحركة رائعةً لإجراء اختبارات في الفناء الخارجي للمنزل، لأنه يمكنك اختبارها بسهولة كبيرة!

منطاد بيضوي متحكَّم به لاسلكياً

يستخدم هذا المنطاد البيضوي، من صنعِ طلاب ومدرّسي الروبوتيات في جامعة ولاية أيداهو، محرّكَي تيار مستمر للمراوح، وكل واحد منهما مركّب على محرّك مؤازِر لكي يتمكن من أن يدور بشكل مستقل (راجع الشكل 2-5). يتحكم المشغِّل بالمنطاد البيضوي باستخدامِ وحدة تحكم مخصصة محمولة باليد؛ حيث تتواصل بطاقات XBee لاسلكية موضوعة في المقصورة المعلّقة بالمنطاد البيضوي والمتحكم مع بعضها البعض. يمكنك تعلّم المزيد عن هذا المشروع على العنوان http://www.thingiverse.com/thing:98815

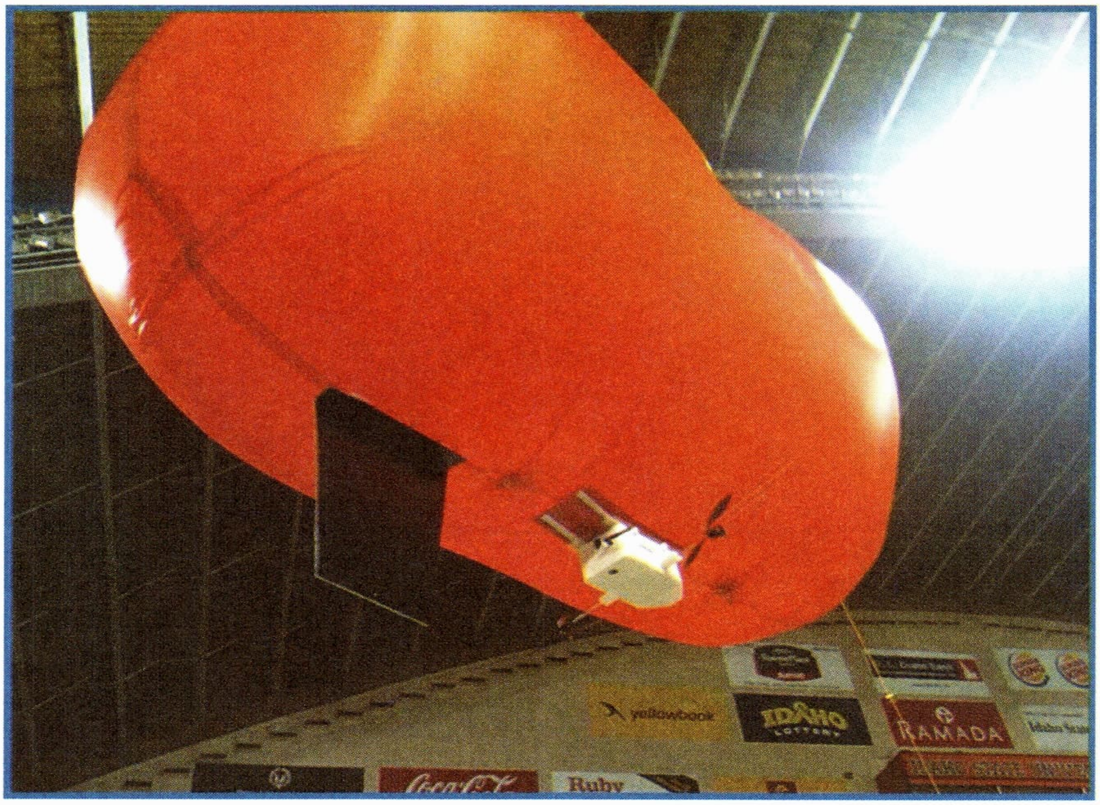
ستحصل على فرصتك لبناء منطاد بيضوي في الفصل 5، باستخدام مقصورة خشبية مقصوصة بالليزر تدعم زوج محرّكات، مع مستقبِل تحكم لاسلكي على متنه.

كوادكوبتر التصوير الفيديوي

لم تبدُ مروحيةِ ستيف لودفينك (Steve Lodefink) الجميلة بهذا الجمال مرة أخرى أبداً – وذلك لأنها عانت عطلاً في الرحلة التالية بعد التقاط هذه الصورة الفوتوغرافية، وسقطت من السماء، وتحطّمت إلى

قطــع على الأرض (راجع الشكل 2-6). كانت تتضمن كاميراتين: واحدة منخفضة الدقة ترسل صورها عبر الموجات اللاسلكية، وأخرى محترفة GoPro Hero2 للقطات العالية الدقة.

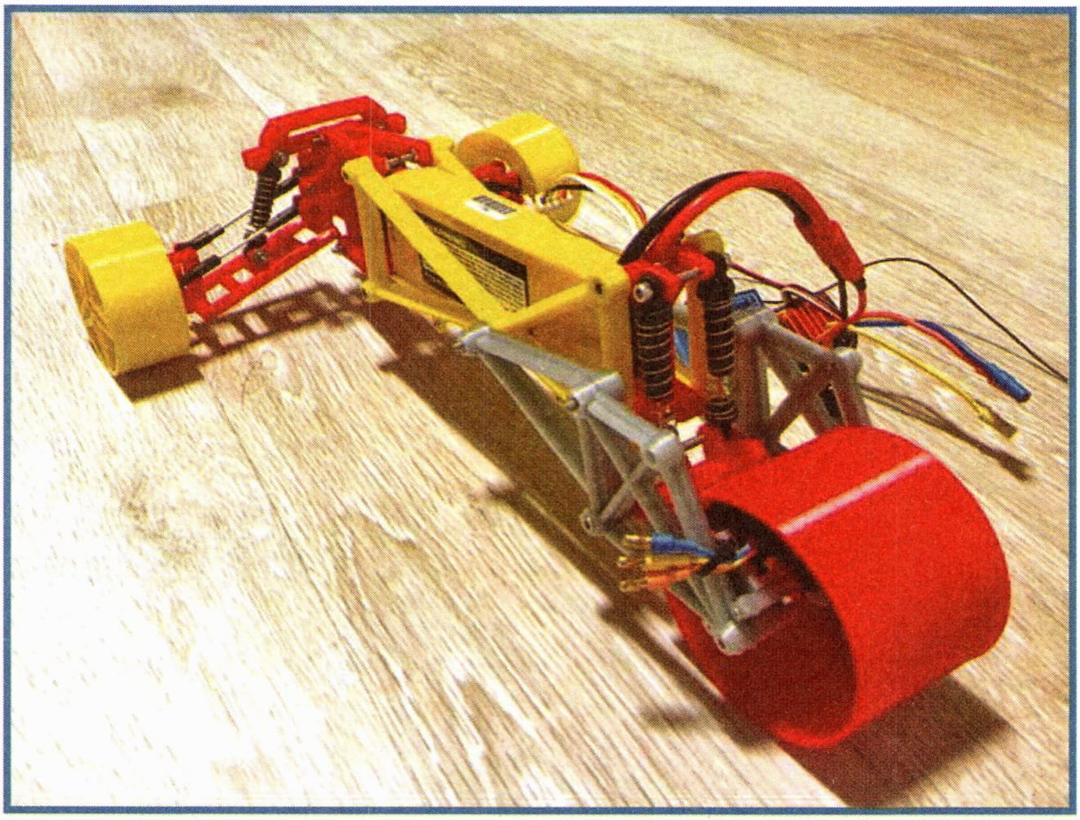
إن طائــرة بدون طيّار جميلة كهذه هي دليل واضح عن سبب الشعبية الكبيرة لهذه الفئة من الطائرات. ستبني كوادكوبتراً (أصغر وأبسط من مروحية ستيف) على مراحل في كل أرجاء هذا الكتاب.



الشكل 2-5 يتضمن هذا المنطاد البيضوي حجرة مطبوعة بالأبعاد الثلاثية.



الشكل 2-6 انقطعت الطاقة عن هذه الكوادكوبتر الجميلة وَهَوت إلى الأرض.



الشكل 2-7 هذه الدراجة الثلاثية العجلات ذات التحكم اللاسلكي مصنوعة من هيكل مطبوع بالأبعاد الثلاثية.

دراجة ثلاثية العجلات مفتوحة ذات تحكم لاسلكي

الدراجــة الثلاثية العجلات المبيَّنة في الشكل 2-7 مصنوعة من بدن وعجلات مطبوعة بالأبعاد الثلاثية، مــع محرّك مؤازر يتحكم بالعجلتين الأماميتين القابلتين للتوجيه وعجلة خلفية مزوَّدة بمحرّك لدفع المركبة. وهناك جهاز تحكَم لاسلكي كلاسيكي يتحكَّم بالقيادة والحركة. يمكنك إيجاد ملفات التصميم على العنوان http://www.thingiverse.com/thing:499130.

الطائرة بدون طيّار التي تسير على الأرض تسمّى عربة جوّالة (rover، روفر)، وستبني واحدةً في الفصل 13. للعــربات الجــوّالة مجمــوعة من الأولويات والتحديات مختلفة بالكامل عن تلك الخاصة بالروبوتات الطائرة، وبناؤها مسلٍ أكثر بكثير.

كوادكوبتر قابلة للطي

صمَّم روجر مولر (Roger Mueller) وطَبَع هيكل طائرته الكوادكوبتر لتسهيل طَيها لكي يتمكن من أخذها معه في نزهاته. يبيِّنها لك الشكل 2-8 بعد أن سقطت من ارتفاع 20 متراً - الضرر الوحيد الذي تعرّضــت له كان تحطّم دعامات الهبوط. يمكنك إيجاد التصميم في موقع Thingiverse.com على العنوان http://www.thingiverse.com/thing:71972.



الشكل 2-8 نجت كوادكوبتر روجر مولر القابلة للطي من سقطة حطّمت دعامات هبوطها.

هناك شيء واحد يجب أن تأخذه بعين الاعتبار عند تصميم وبناء طائرات بدون طيّار هو أنها تتحطّم! فكل طائر تم بناؤه في يوم من الأيام سقط من السماء مرةً واحدةً على الأقل. يناقش الفصل 12 بعض الوظائف الإضافية بالتفصيل مثل مظلّة ومقصورة بلاستيكية تساعد على حماية الطائرة بدون طيّار من الصدمات.

كوادكوبتر مصغَّرة

يبلغ حجم الكوادكوبتر SK!TR تصميم ستيف دول (Steve Doll)، المبيَّنة في الشكل 2-9، راحة اليد (دون احتساب أذرع المحرّك)، وتستخدم موازِن طيران مفتوح المصدر يدعى OpenPilot CopterControl (openpilot.org). يدير ستيف مخزن كوادكوبترات خاص به (hovership.com) حيث يبيع المحرّكات وهياكل الطائرات وأطقم كاملة.

يناقش الفصل 8 بالتفصيل عدداً من الطيّارين الآليين الآخرين، المعروفين أيضاً بمتحكمات الطيران. وستضيف متحكماً مألوفاً إلى كوادكوبترك.

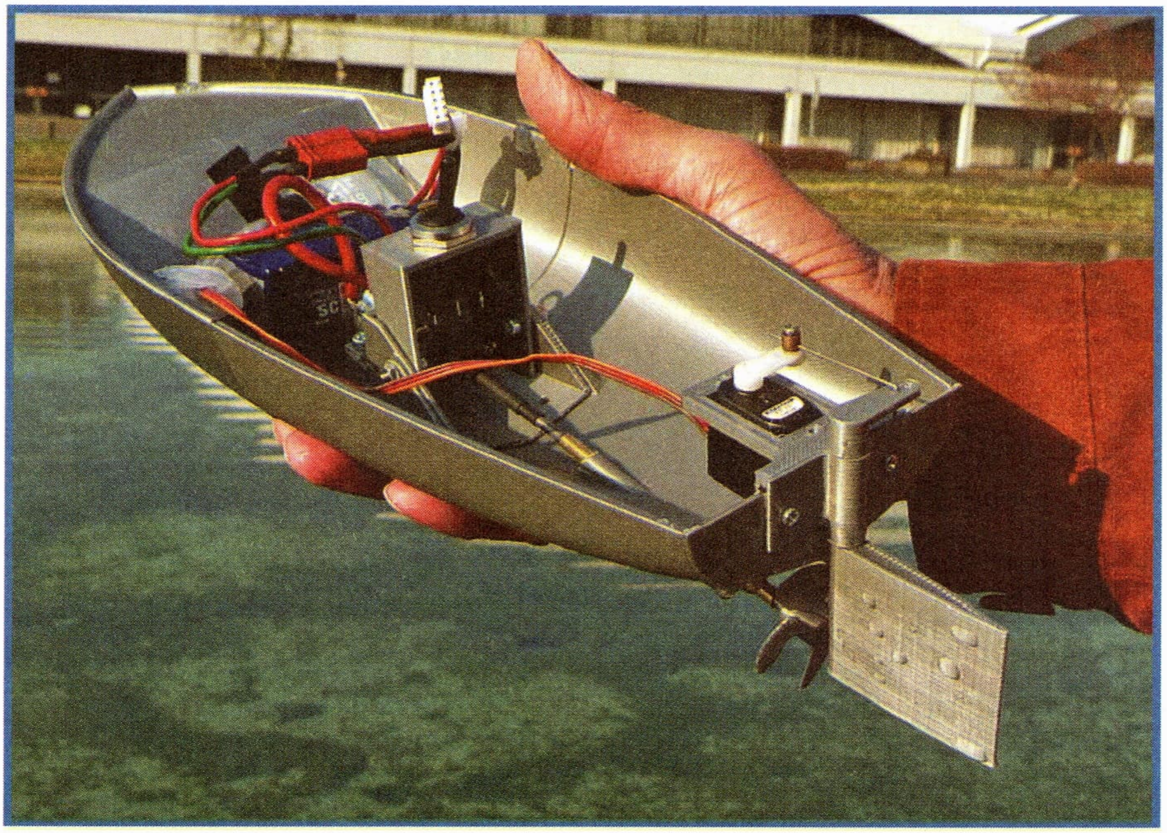


الشكل 2-9 الكوادكوبتر SK!TR تصميم ستيف دول صغيرة كفاية لتتّسع داخل علبة الغداء.

زورق ذو تحكم لاسلكي مطبوع بالأبعاد الثلاثية

تـشقّ زوارق مايكل كريستُو (Michael Christou) المطبوعة بالأبعاد الثلاثية عباب المياه باستخدام مـراوح ودفّاعات (impeller) وأنماط دفع أخرى. يستفيد مايكل، وهو مهندس سابق متقاعد الآن، من حـسّه الإبداعـيّ لتصميم مركبات جميلة المنظر كالزورق المبيَّن في الشكل 2-1. لمزيد من المعلومات، قم بزيارة http://www.thingiverse.com/thing:272132.

لقد ذكرتُ الفصل 11 من قبل، حيث سأتكلم عن الطائرات بدون طيّار المنقولة بالماء، وحيث ستتعلّم عن جزء المهم جداً في عملية بناء طائرات بدون طيّار مائية: جعلها مضادة للماء.

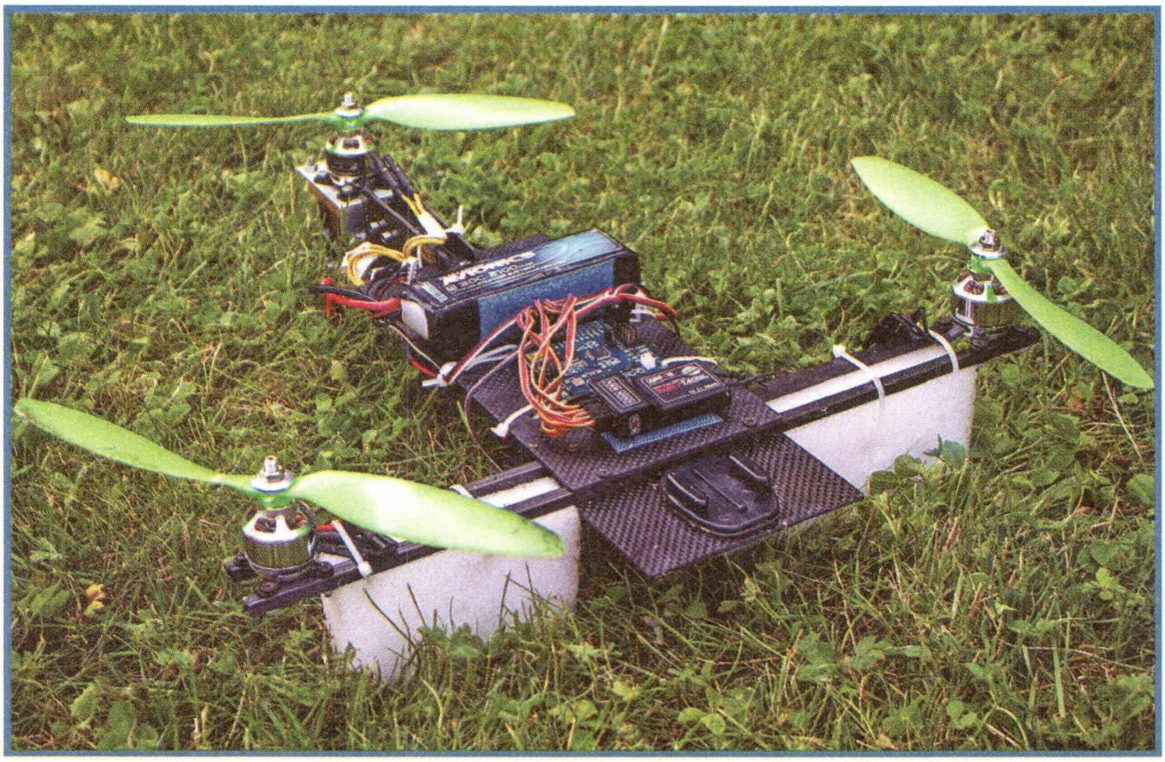


الشكل 2-10 يمكن تنزيل وطباعة تصاميم زوارق مايكل كريستُو ذات التحكم اللاسلكي.

الترايكوبتر

تم بناء المركبة الجوية ذات القيادة الآلية المصنوعة من ألياف الكربون المبيَّنة في الشكل 2-1 حول متحكم طيران نوعه MultiWii، وهو لوحة إلكترونية مفتوحة المصدر رخيصة جداً. تعمل الترايكوبتر (مروحية ثلاثية المراوح) بشكل مختلف عن الكوادكوبتر (مروحية رُباعية المراوح) لأن أحد المحرّكات ليس ثابتاً. وتتحرّك المروحة الخلفية للترايكوبتر بمساعدة محرّك مؤازر، مما يسمح بتنفيذ مناورات قوية جداً خلال الطيران. بالإضافة إلى ذلك، تتضمن الترايكوبتر منصةً في المَقدمة لتركيب كاميرا فيديو GoPro. لمزيد من المعلومات، قم بزيارة /http://theboredengineers.com/2013/07/the-tricopter.

يوضّح مشروع الترايكوبتر هذا ظاهرةً في فئة المروحيات المتعددة المراوح: هناك تكاوين عديدة مثيرة للاهتمام بالإضافة إلى الكوادكوبتر "الاعتيادية" لكي نستكشفها، ومن بينها السداسية والثمانية، ونعم، الثلاثية المراوح.

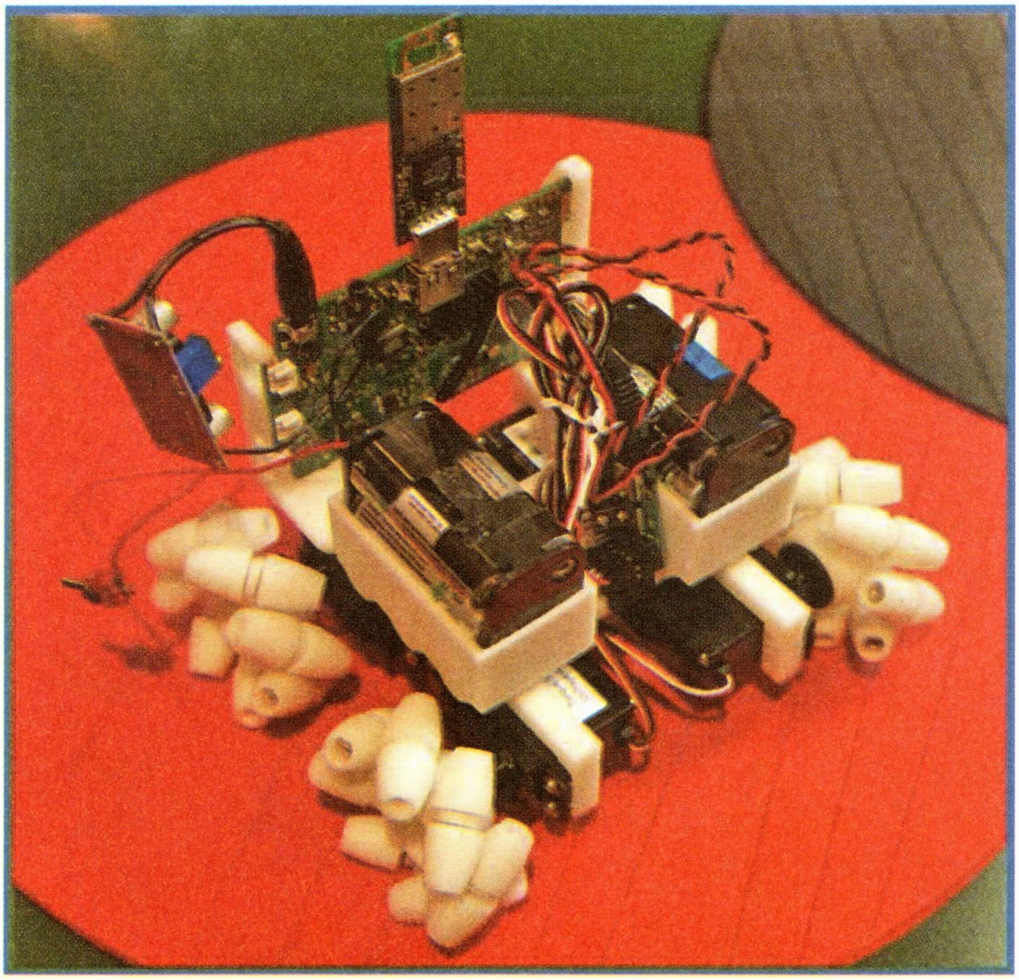


الشكل 2-11 هذه الترايكوبتر مناوِرة جداً بفضل محرّكها الثالث المتحرّك.

العربة الجوّالة ذات عجلات ميكانوم

العجلات مهمة للعربات الجوّالة، لأنها الطريقة التي تتنقّل بها! وتحسِّن العربة الجوّالة المطبوعة بالأبعاد الثلاثية المبيَّنة في الشكل 2-1 الوضع باستخدامها عجلات ميكانوم (Mecanum)، وهي تتألف من عجلات مزوَّدة بمحرّك مع عجلات أصغر غير ممدودة بالطاقة حول الحافة. تتيح لك تلك العجلات التحرّك في أي اتجاه تريده. ويتم التحكم بالعربة الجوّالة بواسطة المتحكم الصُغري Chumby One. يمكنك تعلّم المزيد على العنوان http://www.thingiverse.com/thing:5681.

ستتعلَّم عن تشكيلة متنوعة من العجلات في الفصل 13. فالموضوع مهم جداً لصانعي العربات الجوّالة تماماً مثلما هو اختيار المروحة لصانع الكوادكوبتر. والخبر الجيد هو أنه يوجد الكثير من الخيارات الجميلة لشرائها أو تصنيعها.



الشكل 2-12 تستخدم هذه العربة الجوّالة عجلات ميكانوم لكي تسير في أي اتجاه.

الخلاصة

نأمل أن يكون هذا الفصل قد أعطاك فكرة جيدة عن المشاريع الجميلة المتوفرة من حولك. وقد تسنّت لك فرصة لتتعلم المزيد عن تشكيلة متنوعة من الطائرات بدون طيّار، بما في ذلك الكوادكوبترات والزوارق والطائرات والسيارات. ستتمكن في الفصل 3 من إلقاء نظرة على بعض الأطقم والطائرات بدون طيّار المنتهية المشابهة كثيراً لتلك التي رأيتها في هذا الفصل، لكنها أكثر احترافية إلى حد بعيد.

3

نظرة عامة على الطائرات بدون طيّار التجارية

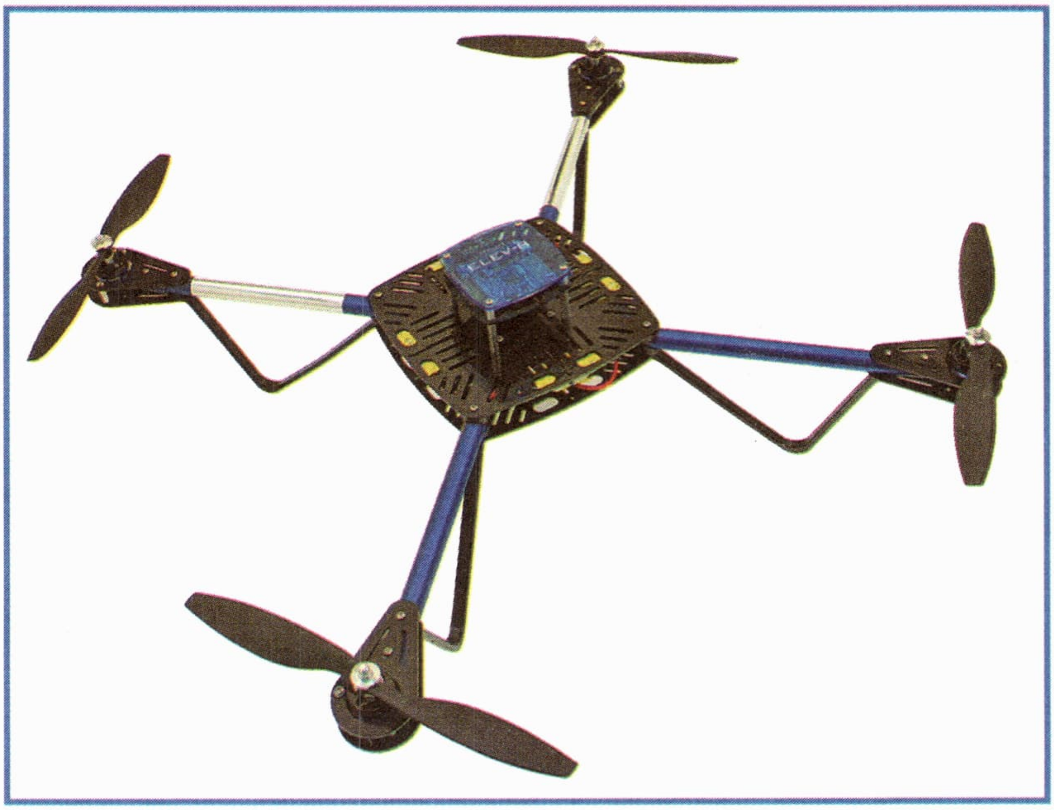
أسهل طريقة للحصول على طائرة بدون طيّار هي، كالعادة، شراء واحدة. لا شيء خطأ في شراء منتَج مسبق الصنع لأنه يمكّنك من أن تطير بشكل أسرع. لكنك لن تتعلّم حقاً أي شيء عن الإلكترونيات أو بناء الروبوتات. بالمقابل، يوفّر لك الطقم فرصةً لتوصيل مختلف المكوّنات، مما يتيح لك أن تتعلّم قليلاً عن القطع وكيف تتناسب مع بعضها البعض. يشكّل هذا حلاً وسطاً مفيداً بين إنجاز كل شيء بنفسك وبين مجرد شراء طائر جاهز.

الكوادكوبتر ELEV-8 صنع بارالاكس

ELEV-8 (رقم القطعة MKPX23) هي الإصدار الثاني لشركة بارالاكس (Parallax) في عالم الكوادكوبترات. تصنع بارالاكس متحكمات صُغرية، أشهرها هو Propeller، والذي يتضمن الرقاقة PBX32A. وليست مصادفة أن يتضمن متحكم طيران الكوادكوبتر ELEV-8 نفس الرقاقة أيضاً. لذا فالكوادكوبتر تُعتبر شيئاً لتوصيل أجهزة بارالاكس به.

ELEV-8 ذات تصميم أنيق (يمكنك رؤية هذا في الشكل 3-1)، وتحجب الأسلاك البشعة الاعتيادية بإخفاءها داخل الأذرع المجوَّفة، بينما المتحكمات الإلكترونية بالسرعة مثنية بين صفيحتَي التركيب المركزيتين (راجع الشكل 3-2).

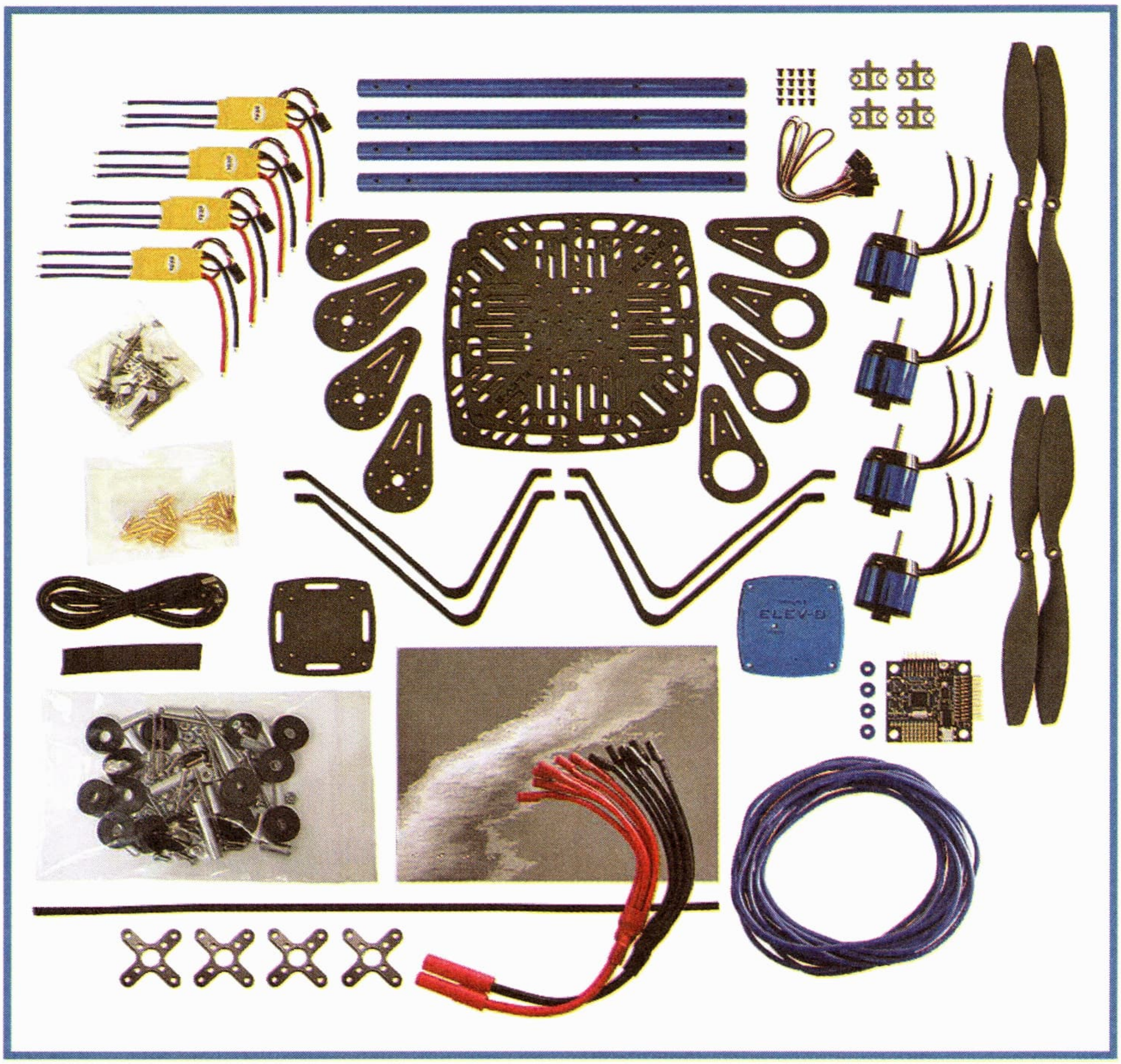
انتبه إلى أن بارالاكس لا تزوِّد بطاريةً، أو مرسل تحكم لاسلكي، أو مستقبِل تحكم لاسلكي مع منتَجها. لذا من الواضح أنك ستحتاج إلى شراء هذه الأَشياء لكي تطير. وتقترح عليك الشركة استخدام بطارية بوليمر الليثيوم (LiPo) محدَّدة، مذكورة لاحقاً، وتدّعي أن أي تركيبة مرسِل/مستقبِل تحكم لاسلكي تقريباً ستعمل مع أجهزتها.



الشكل 3-1 تتميّز ELEV-8 بشكلها النظيف، مع أسلاك مرئية أقل بكثير من المعتاد.



الشكل 3-2 تُعتبر ELEV-8 عصفوراً صعباً للتطيير.



الشكل 3-3 الكوادكوبتر ELEV-8 صعبة البناء لكن النتيجة النهائية تستحق العناء.

أخيراً، توضّح بارالاكس أن الكوادكوبتر تحتاج إلى مهارات متقدمة لكي تتمكن من تطييرها، وتقترحها لمشغّلي الطائرات الخبراء في التحكم اللاسلكي.

تقدِّم ELEV-8 الميزات التالية. ولا تتردّد في تدقيق القطع التي تؤلّف الطقم المبيَّن في الشكل 3-3.

- **الهيكل**: أنابيب من الألومنيوم مع صفائح وموصلات بلاستيكية.
- **دعامات الهبوط**: بلاستيكية.
- **المحرّكات**: أربعة قوتها 1000 كيلوفولط.
- **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة**: GemFan 30A.
- **جهاز القيادة**: يأتي الطقم ومعه لوحة جهاز قيادة نوعها Hoverfly Open.

- **الطاقة:** لا توجد بطاريات في الطقم، رغم أنه يُنصَح باستخدام بطارية بوليمر الليثيوم (LiPo) ثلاثية الخلايا قوتها 3300 ميللي‌أمبير-ساعة (mAh).
- **الكلفة:** $400-$550
- **العنوان:** http://www.parallax.com/product/elev-8

Phantom 2 Vision+ صنع شركة DJI

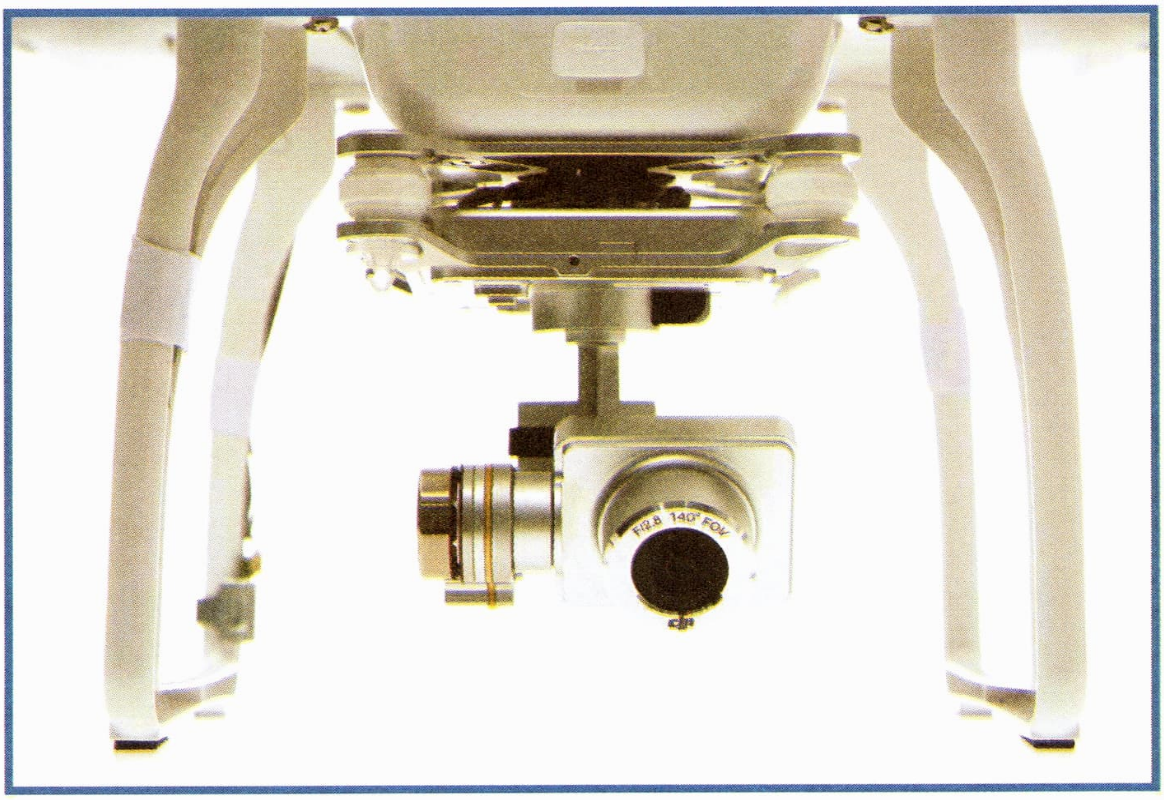
إن Phantom (فانتوم) صنع شركة DJI هي كوادكوبتر متطوّرة جاهزة للعمل ولها تشكيلة متنوعة من التكاوين، ويتراوح سعرها من $580 إلى $1,300. والطبعة الأفضل في هذا الصنف من المنتجات هي Vision+ (فيجن+، المبيَّنة في الشكل 3-4)، والتي تتضمن محورانية مزوَّدة بمحرّك (مبيَّنة في الشكل 3-5) لكي تتمكن من تصويب الكاميرا في أي اتجاه تريده.

تحتوي الفانتوم على خيارات تحكم أكثر بكثير من معظم الكوادكوبترات الأخرى. وتأتي فيجن+ مزوَّدة بمتحكم قوته 5.8 غيغاهرتز. كما تحتوي هذه الوحدة أيضاً على حاملة هاتف ذكي لكي تتمكن من استخدام أحد تطبيقات الهاتف لتتحكم بالفانتوم، أو يمكنك استخدام الجويستيكات على وحدة اليد.

أخيراً، فيجن+ جذابة جداً، ولها هيكل خارجي جميل وأشرطة أضواء LED (دايودات باعثة للضوء) على الأذرع، كما هو مبيَّن في الشكل 3-6.



الشكل 3-4 الكوادكوبتر DJI Phantom جميلة وجاهزة لكي تطير.



الشكل 3-5 تحتوي +Vision على كاميرا مركّبة على محورانية.



الشكل 3-6 أضواء الفانتوم المتميزة لا تنير الكوادكوبتر فقط، بل تبيِّن للمشغِّل اتجاه المقدمة أيضاً.

تقدِّم فانتوم 2 فيجن+ صنع شركة DJI المواصفات التالية:

- **الهيكل**: معدني وبلاستيكي
- **المحرّكات**: أربعة محرّكات T-Motor MN2214 خارجية الدوران قوهّا 920 كيلوفولط لا تحتوي على مبدّلات كهربائية
- **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة**: متحكمات DGI مخصصة
- **جهاز القيادة**: الطيّار الآلي DJI NAZA
- **الطاقة**: بطارية LiPo قوهّا 5200 ميلليأمبير–ساعة
- **الكلفة**: \$579–\$1,229
- **العنوان**: http://www.firstpersonview.co.uk/quadcopters/dji-phantom-2-vision-plus

OpenROV

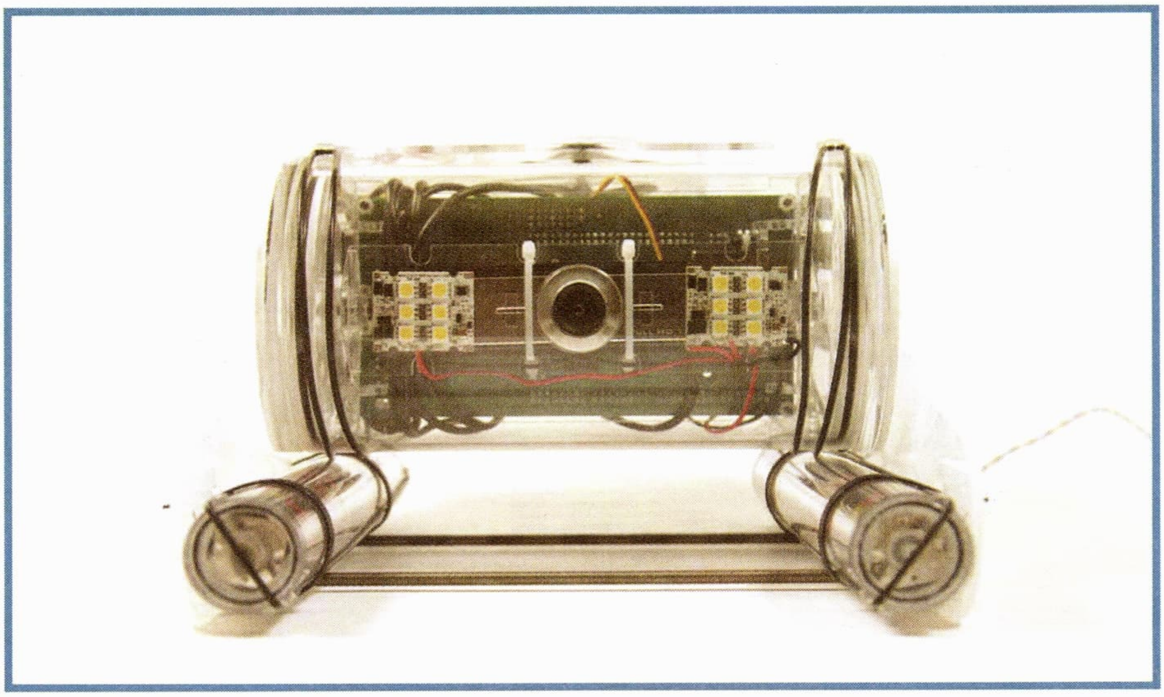
لقد ذكرتُ لك فئةً من الطائرات بدون طيّار تسمّى مركبة مُشغَّلة عن بُعد (remotely-operated vehicles أو ROV). وأفضل مثال عن غواصة ذات قيادة آلية مصنوعة يدوياً هي OpenROV، وهي عبارة عن مركبة مُشغَّلة عن بُعد شبه محترفة مفتوحة المصدر تم اختبارها في البحيرات والمحيطات حول العالم (راجع الشكل 3–7)، وقد تم استخدامها لاستكشاف الكهوف وحطام السفن ومُجلَّدات القطب الجنوبي. وكانت لها استخدامات أقل رومنسية، كاستخدامها مثلاً لفحص الأشياء الغارقة تحت الماء مثل هياكل السُفن التي كانت لتتطلب غطّاساً محترفاً.

تتألف OpenROV من ثلاثة محرّكات، وتكون إلكترونيات التحكم مُحكمة الإغلاق ضد الرطوبة. وبسبب الإرسال السيء للموجات اللاسلكية عبر الماء، يجب على المشغِّلين توصيل كمبيوتر محمول بهذه المركبة بواسطة أسلاك طويلة (مرئية في الشكل 3–8)، تبقى وراءها أثناء سيرها في الماء.

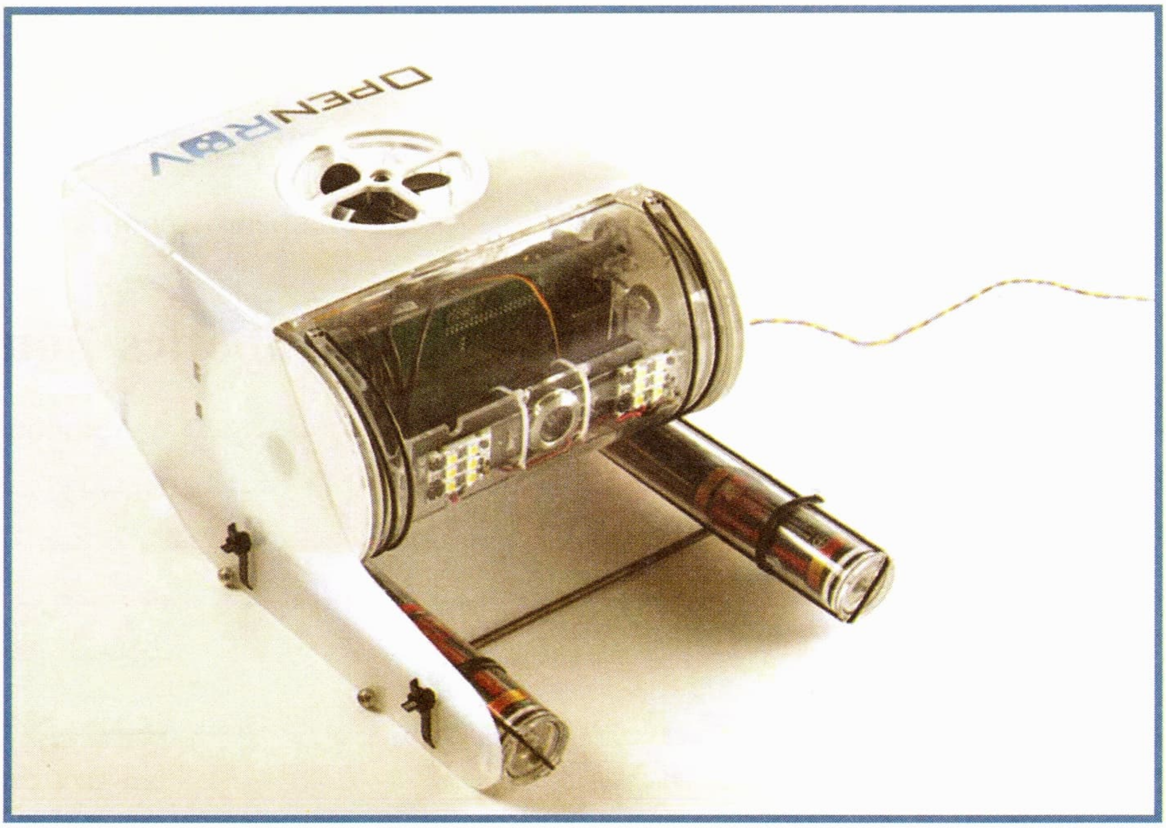
ينظر المشغِّل عبر الكاميرا الموصولة ويحرِّك المركبة بالتفاعل مع تطبيق مستعرض. بالإضافة إلى ذلك، لأن الجو تحت الماء يميل إلى أن يكون مُعتماً، تتضمن المركبة شريطَي أضواء LED (دايود باعث للضوء) يُستخدمان كمصابيح.

يأتي طقم OpenROV (المبيَّن في الشكل 3–9) ومع القطع التالية:

- **الهيكل**: أكريليك مقصوص بالليزر.
- **المحرّكات**: ثلاثة محرّكات تيار مستمر لا تحتوي على مبدّلات كهربائية مع مراوح Graupner البحرية العالية الفعالية.
- **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة**: ثلاثة متحكمات محرّك لا تحتوي على مبدّلات كهربائية نوع FalconSEKIDO.

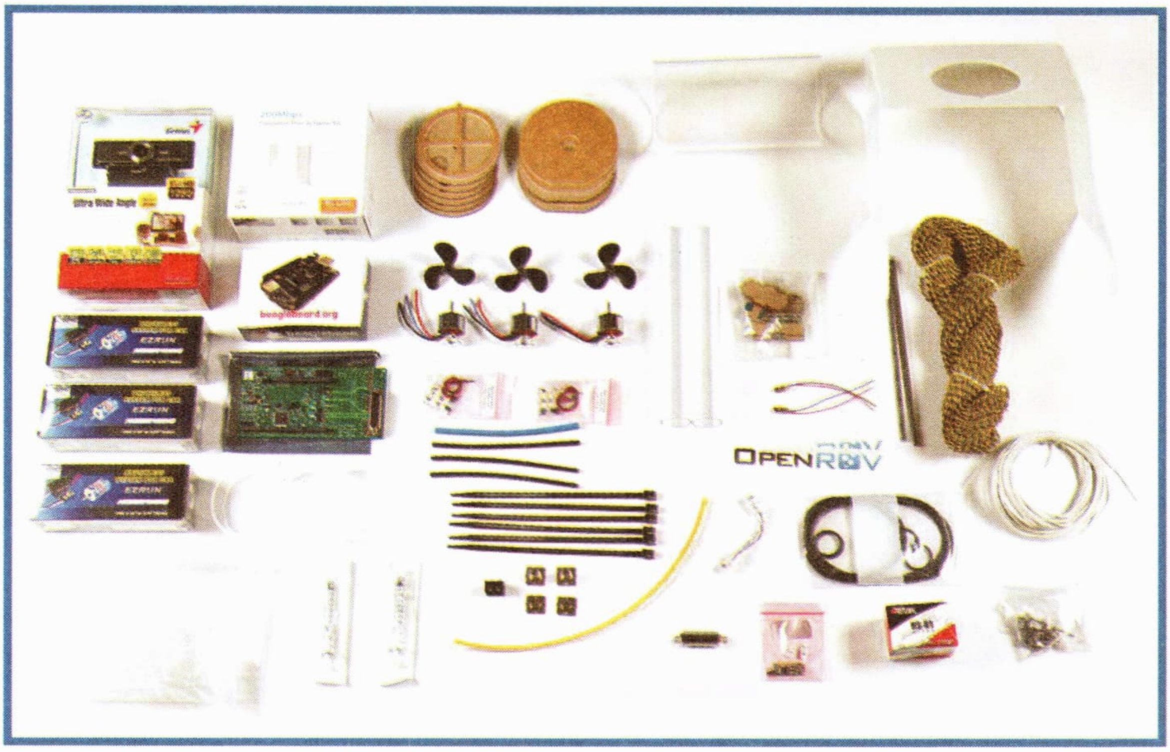


الشكل 3-7 OpenROV غواصة صغيرة تستكشف تحت سطح الماء بينما يبقى المشغِّل على السطح.



الشكل 3-8 يرسل سلك OpenROV التعليمات إلى الروبوت.

- **التحكّم**: تستخدم OpenROV الكمبيوتر بيغلبون بلاك (BeagleBone Black) الذي يتم توصيله بلوحة أردوينو ميغا مخصصة؛ وهناك لوحة إيثرنت إضافية تتولى عملية الاتصال مع السطح.



الشكل 3-9 جمِّع هذه القطع لتصنع غواصةً.

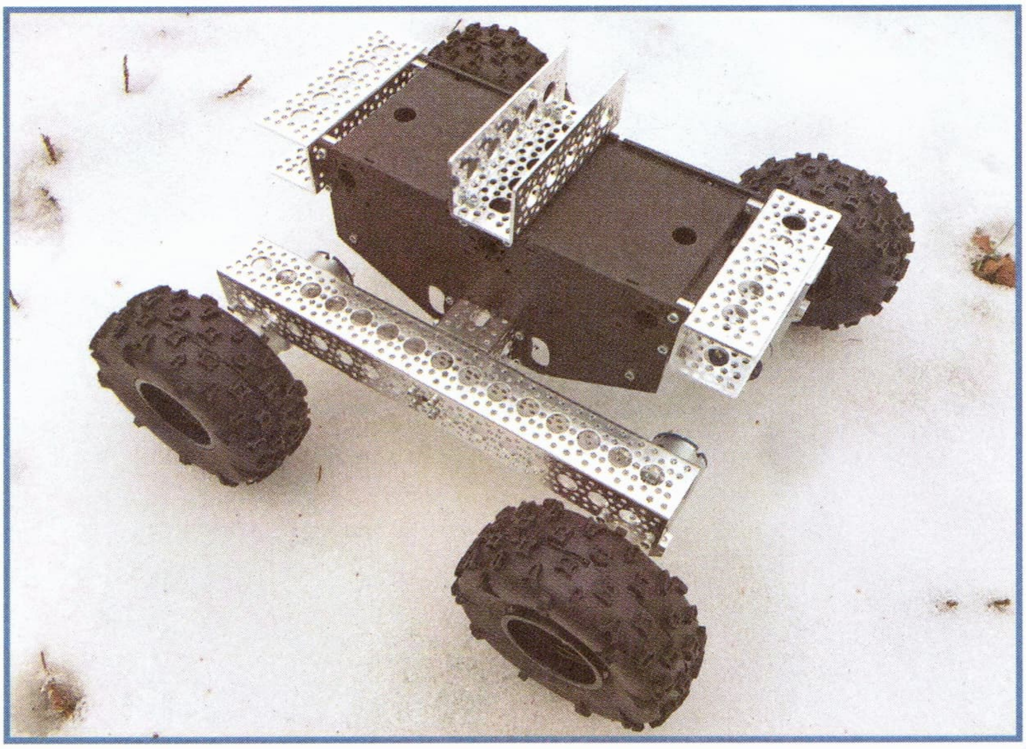
- **الطاقة:** البطاريات غير مشمولة، لكنها تأخذ ست خلايا "C" الليثيوم.
- **الكلفة:** $899 للطقم، $1,450 مجمَّعة.
- **العنوان:** openrov.com.

Actobotics Nomad

Actobotics (أكـتوبوتكس) هي مجموعة بناء جميلة تتميّز عن البقية بالأذرع المرصَّعة بالفجوات التي يمكـنك رؤيـتها في الشكل 3-10. وأحدث روبوت تقدِّمه هو Nomad (نوماد)، وهو عبارة عن عربة جـوّالة تـتوق بشدّة ليتم توصيل مستشعرات وأنظمة تحكم بها. أعني أنك لن تحصل على طقم كامل فيه مـتحكم صُـغري أو نظـام تحكم - فالمسألة صناعة يدوية حصراً بعد أن تنتهي من بناء الهيكل وإضافة المحرّكات والعجلات.

العجلات نشيطة بالنسبة لروبوت صغير. وأطول عنصر في الهيكل طوله 30 سم. ويبلغ قطر كل عجلة 12.5 سم وسماكتها أكثر من 5 سم - وهذا يكفي لتجاوز العقبات. افحصها في الشكل 3-11.

بـناءً علـى هذا، عليك البحث بنفسك عن البطاريات، ومتحكمات المحرّكات، الخ. لا تشترِ النوماد متوقعاً منه أن يخرج مهرولاً من الطقم، إلا إذا كنت تملك تلك القطع الزائدة! لكنه يشكّل بدايةً رائعةً لصنع عربة جوّالة، ونعدك أن البنية ستكون متينة كفاية (راجع الشكل 3-12) لاستكشاف أي تضاريس يقدِّمها فناؤك الخارجي.



الشكل 3-10 النوماد عبارة عن هيكل ومحرّكات - فقط أضف متحكماً صُغرياً وبطاريةً!



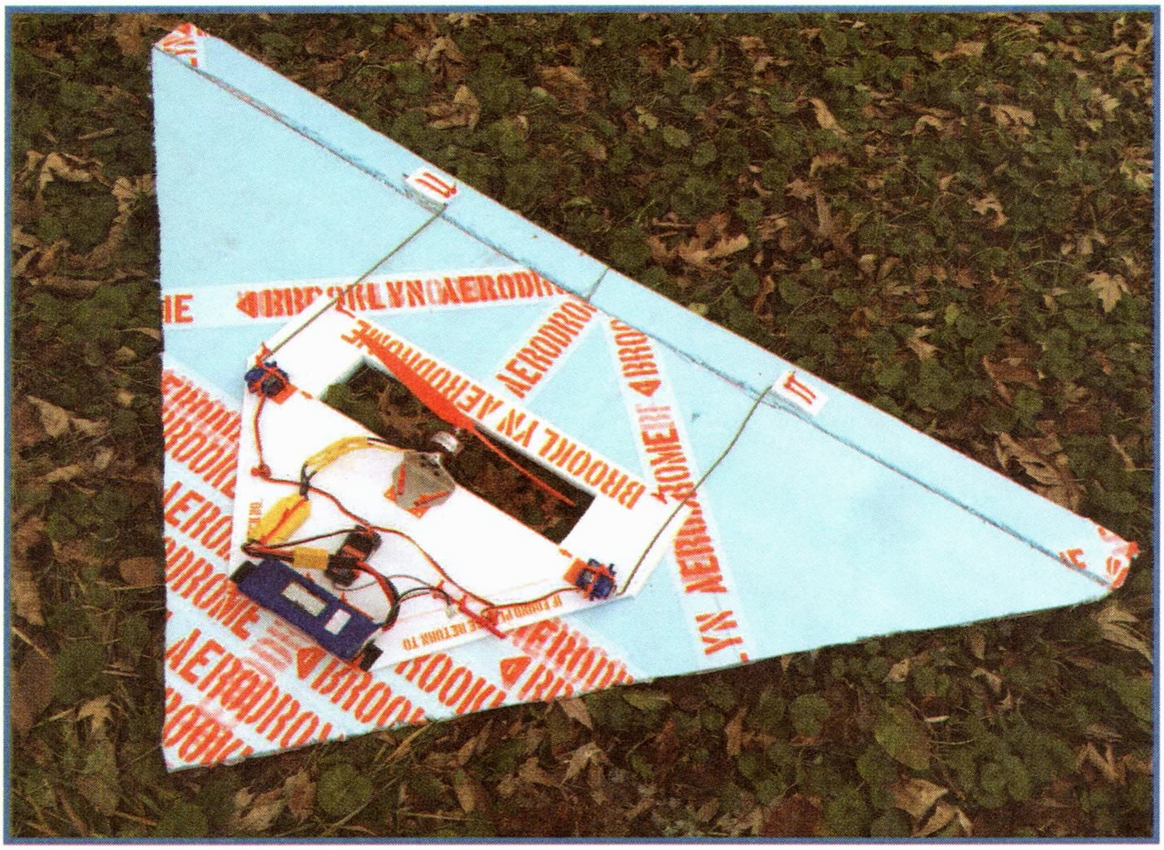
الشكل 3-11 يتميّز النوماد بهيكل مثير للاهتمام مخصص للطرقات الوعرة.



الشكل 3-12 العجلات ذات النتوءات مفيدة جداً عند اجتياز تضاريس وعرة.

يقدِّم نوماد المواصفات التالية:

- **الهيكل:** إطار ألومنيوم منبثق مع صندوق ABS
- **المحرّك:** أربعة محرّكات تيار مستمر قوتها 12 فولط وسرعتها 313 دورة بالدقيقة
- **العجلات:** عجلات لكل التضاريس
- **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة:** غير مشمولة
- **أنظمة التحكم:** لا يوجد
- **الطاقة:** لا يوجد
- **الكلفة:** 280$
- **العنوان:** https://www.sparkfun.com/actobotics أو https://www.servocity.com/html/actoboticstm.html



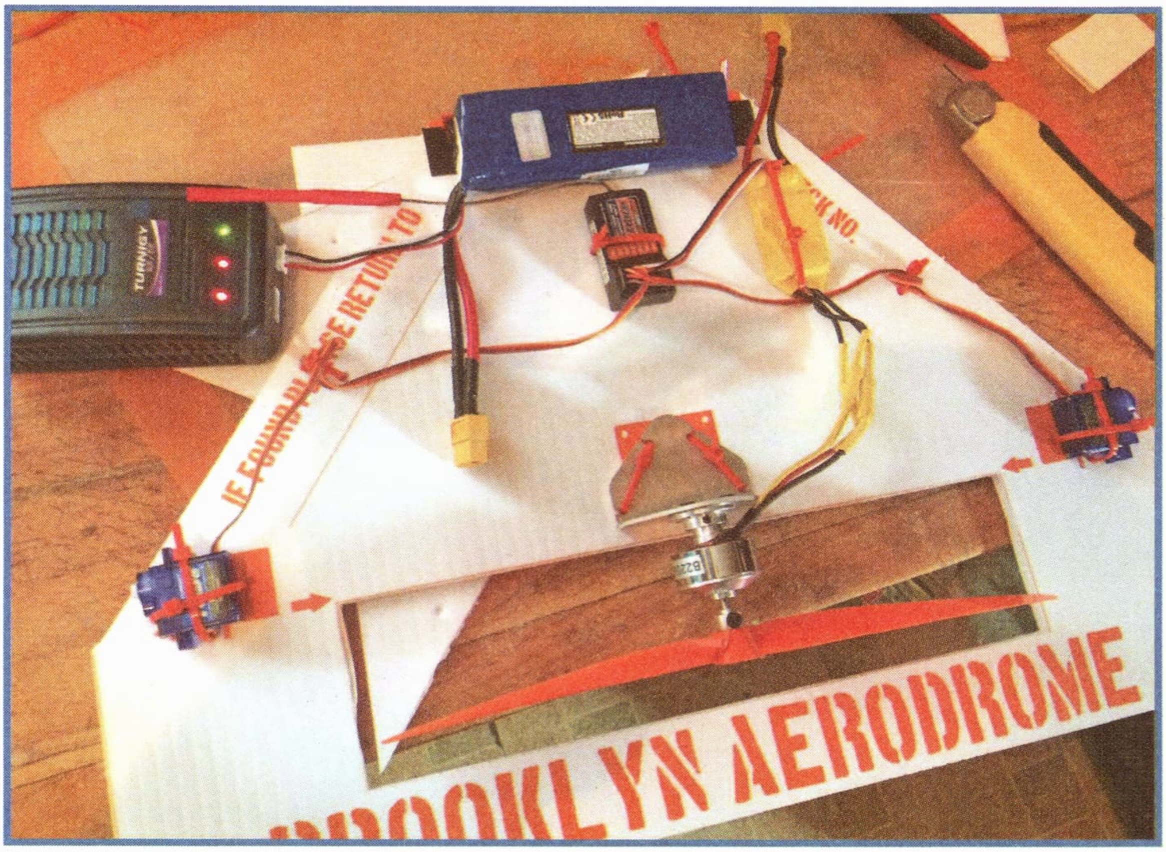
الشكل 3-13 Brooklyn Aerodrome Flack هي طائرة رخيصة ذات تحكم لاسلكي يستطيع أي شخص بناءها.

Brooklyn Aerodrome Flack

Brooklyn Aerodrome (brooklynaero.com) هو فريق في نيويورك يصنع طائرات ذات تحكم لاسلكي من المواد العازلة للبيوت، وهي النوع الذي يبدو كرغوة ملوَّنة ساطعة - يمكنك رؤية مثال في الشكل 3-13. تأتي الطائرة Flack (فلاك، وهي اختصار Flying Hack ومعناها اختراق الطيران) مجهَّزة بمحرّك كهربائي للدفع ومحرّكات مؤازِرة للتلاعب بأسطح التحكم، وهي مناوِرة بمقدار كبير. ولأنها مصنوعة من الرغوة، فإعادة بنائها شيء سهل ومضمون - إذا تحطّمت وتبعثرت الرغوة، قم فقط بإزالة حزمة الإلكترونيات ثم ضعها على جناح جديد.

بدأت فْلاك كطقم سعره 100$، لكن سعرها الآن أصبح ضعف ذلك تقريباً، مع إلكترونيات أفضل قليلاً وكذلك كتاب رائع يفصّل فيه فريق العمل ما تعلّموه. فإذا كنت لا تزال في بدايات تصنيع مشاريع تحكم لاسلكي رخيصة، سيساعدك هذا الكتاب بالتأكيد.

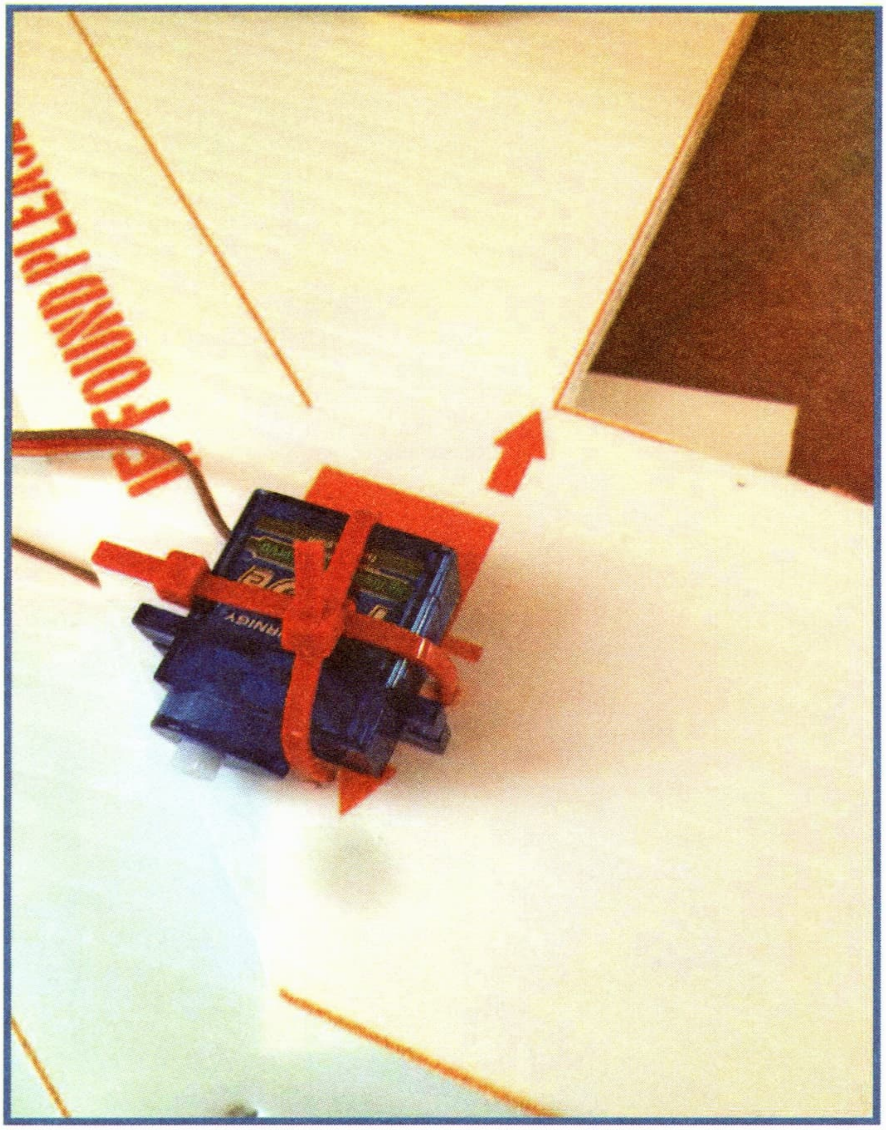
يزوِّد الطقم (يمكنك رؤية طائرة فْلاك مبنية جزئياً في الشكل 3-14) كل شيء تحتاج إليه لكي تطير، بما في ذلك البطاريات، مجسّم أساسي للمتحكم والمستقبل، المحرّكات، وما يكفي من المادة العازلة لإعادة بناء الطائرة إذا تحطّمت. كما يستخدم بشكل ماهر مواداً خفيفة الوزن مثل الربطات البلاستيكية (مبيَّنة في الشكل 3-15) لكنها قوية كفاية لتتحمّل الصدمات.



الشكل 3-14 تتوفر فْلاك كطقمٍ يجب على المشتري تجميعه.

تقدِّم فْلاك المواصفات التالية:

- **الهيكل:** سطح طيران نوع Coroplast وأجنحة مصنوعة من رغوة عازلة. ستحصل على بعض الأجنحة الإضافية في الطقم، أو يمكنك البحث عن بعض منها بنفسك.
- **المحرّكات:** محرّك واحد HiModel خارجي الدوران قوته 1800 كيلوفولط لا يحتوي على مبدّلات كهربائية؛ ومحرّكين مؤازِرين صُغريين TG9E.
- **المتحكمات الإلكترونية بالسرعة:** متحكم إلكتروني بالسرعة بلا إسم قوته 18 أمبير.
- **المراوح:** مروحة بطيئة حجم 9×9.
- **جهاز القيادة:** متحكم ومستقبِل Hobby King HK-T6A.
- **الطاقة:** بطارية LiPo نوع Turnigy قوتها 1800 ميلليأمبير-ساعة.
- **الكلفة:** 199$ من brooklynaero.com أو 249$ من makershed.com.
- **العنوان:** /http://www.brooklynaerodrome.com.



الشكل 3-15 تستخدم فُلاك بعض المواد الخفيفة الوزن بشكل ماهر مثل الشريط اللاصق المزدوج الجوانب والربطات البلاستيكية.

الخلاصة

غـــصنا في هذا الفصل في أعماق خمس طائرات بدون طيّار ممتازة. بعضها يأتي على هيئة أطقم وبعضها الآخـــر يأتي مجمَّعاً مسبقاً، لكنها كلها تقدِّم تحديات وفرص للتعلّم فريدة بها. لذا بعد أن نظرنا إلى كل هذا النطاق العريض من المشاريع والأطقم، أصبحت جاهزاً الآن لمجابهة عملية التصنيع الخاصة بك! ستبدأ العمل على كوادكوبتر خاصة بك في الفصل التالي، بدءاً من انتقاء هيكل الطائرة.

4

بناء كوادكوبتر، الجزء الأول: اختيار هيكل الطائرة

المـــشروع الرئيسي لهذا الكتاب هو هليكوبتر رُباعية الريَش (مبيَّنة في الشكل 4-1) تسمّى **كوادروتر** (مروحية رُباعية المحرّكات) أو **كوادكوبتر** (مروحية رُباعية المراوح). ستبدأ المشروع باختيار هيكل الطائرة (يسمّى airframe في عالم الطائرات).

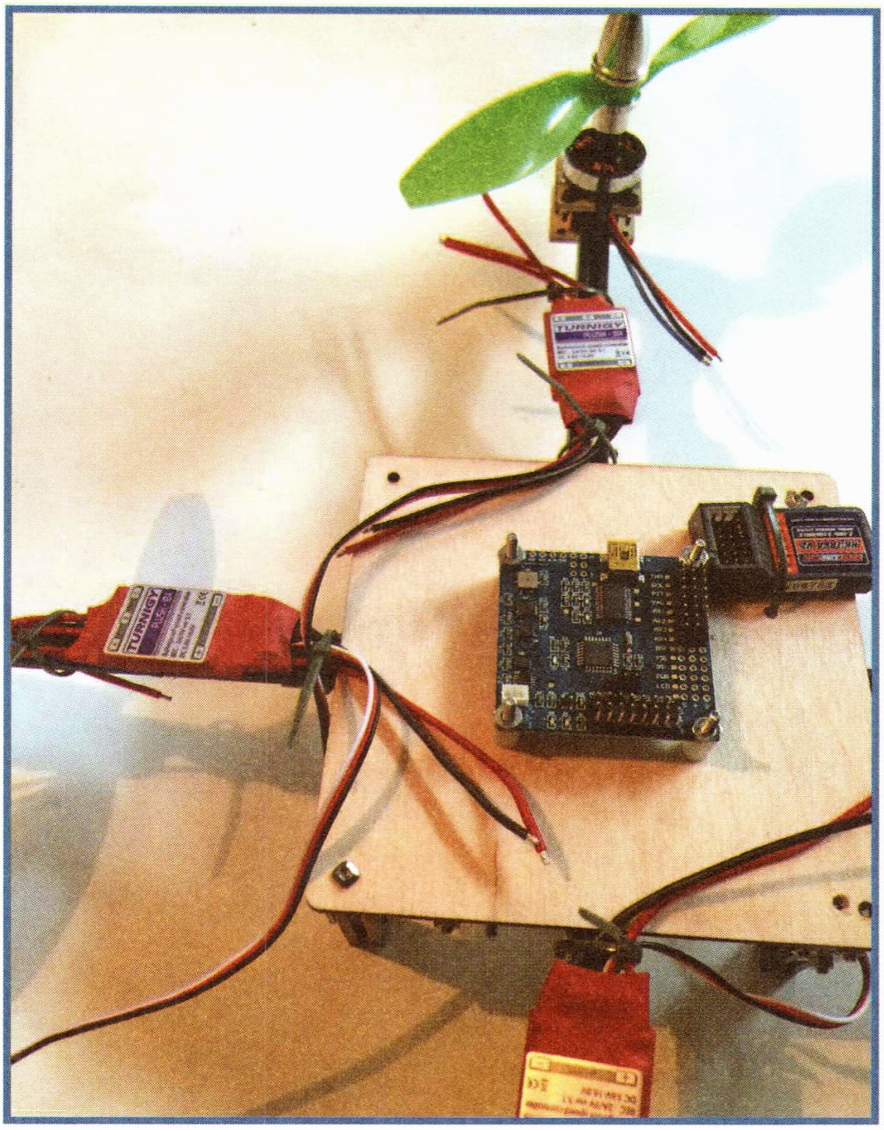
يـــبدأ هذا الفصل بتقديم لك عدة خيارات للهيكل، لكنني انتقيتُ في نهاية المطاف مجموعةً من عوارضِ الألومنيوم نوعِ MakerBeam التي قمتُ بتوصيلها ببعضها لإنشاء هيكلٍ ممتاز. ثم وضعتُ فوق ذلك منصةً خشبيةً مفيدةً ستستقبل في نهاية المطاف المتحكم الصُغري للكوادكوبتر والبطاريّة وبقية الإلكترونيات.

لكـــنني أســـتبق عليك الأمور! قبل أن نصل إلى بناء عوارض MakerBeam، دعنا نناقش مجموعةً من الخيارات الأخرى، من بينها منتجات تجارية واحتمالات التصنيع اليدوي. بعدها سأرشدك في عملية تجميع هيكل MakerBeam خاص بك.

أي هيكل طائرة ستختار؟

المضحك في هيكل الطائرة بدون طيّار أو الروبوت هو أن وظيفته الوحيدة في أغلب الأحيان هي مجرد مكان لتجميع كل شيء مع بعضه البعض، لذا من الممكن استخدام (وهذا قد حصل!) أي مادة صلبة وقوية وخفـــيفة الـــوزن إلى حد معقول لبناء الهيكل. ويتم هذا أحياناً مع نتائج مُضحكة، فيتم إنشاء أشياء غريبة عجيبة – تذكّر بعض المشاريع من الفصل 2.

هناك هياكل خشبية وأخرى بلاستيكية ومعدنية. فإذا كان الهيكل قوياً إلى حد معقول، وخفيف الوزن، ويمكنك تثبيت أشياء عليه ببعض البراغي، فالأرجح أنه سيعمل كهيكلٍ. بناءً على هذا، تقدِّم بعض هياكل الطائرات فوائد كبيرة.



الشكل 4-1 قم ببناء هذه الكوادكوبتر بنفسك!

مـــثلاً، يـــستخدم هيكل الطائرة المبيَّن في الشكل 4-2، من الكوادكوبتر ELEV-8 صنع بارالاكس، أنابـــيب ألومنيوم خفيفة الوزن لأذرع المحرّك، مع عروات تركيب بلاستيكية مصممة خصيصاً لتتزاوج مع المحـــرّكات والمكوّنات الأخرى التي تأتي في طقمٍ. هذه أشياء تتوقعها، لكنه من اللطيف معرفة أن كل شيء سيتلاءم مع بعضه البعض.

هـــذه التوافقـــية السهلة التحقيق وهذا المظهر المصقول أكثر هما ميزتان من الميزات التي تقدّمها الهياكل الـــتجارية. سنستعرض في القسم التالي عدداً من ميزات تلك المنتجات التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند الشراء.



الشكل 4-2 تستخدم بارالاكس ELEV-8 هيكلاً خفيف الوزن مصنوعاً من البلاستيك والألومنيوم.

الاختيار بين الخيارات التجارية

دعنا نستعرض بعض المعايير التي عليك أخذها بعين الاعتبار عند اختيار هيكل الطائرة:

- **المظهر** – يستطيع أي شخص صنع هيكل بسيط. لكن إذا كنت تدفع المال لشراء هيكل، يجب أن يبدو وكأنه تم تصميمه وتصنيعه من قِبل محترفين. يجب أن يبدو أفضل مما توصّلت إليه في قبو منزلك.
- **التكوين** – كم سيكون عدد المحرّكات في مروحيتك؟ وانتبه إلى أن عدد أذرع المحرّكات ليس السؤال الوحيد المتعلق بالتكوين الذي عليك التفكير به. هل ستريد تركيب كاميرا عليها؟ فقد تحتاج إلى دعامات هبوط بناءً على المكان الذي ستضع فيه الكاميرا. والهيكل الأكثر شيوعاً هو الكوادكوبتر التي أصبحت كلاسيكية الآن، والتي تتضمن أربع أذرع محرّكات مع صفيحة مركزية تدعم المتحكم والبطاريات.
- **الأبعاد** – كم تريد أن تكون الكوادكوبتر كبيرةً؟ فعرض بارالاكس ELEV-8 يزيد عن 60 سم، وهي تُعتبر نموذجيةً وفق معايير الكوادكوبترات. تذكّر دائماً الاحتياجات الإجمالية لمشروعك، وكذلك المواصفات التقنية لمحرّكاتك ومراوحك. ولا تتردّد في تجربة مشروع أصغر أولاً – فقد تكون المحرّكات والمكوّنات الأخرى أرخص لأن متطلباتها التقنية أقل.
- **المادة** – مثلما ذكرتُ سابقاً، يمكن استخدام أي مادة خفيفة الوزن وقوية إلى حد معقول لهيكل الطائرة. لذا، فالألومنيوم والبلاستيك – أو أي تركيبة من الاثنين – هما الأشهر.

- **تركيب الأجهزة** – هذه الخطوة ضخمة بالنسبة لي. فما فائدة هيكلٍ جميلٍ إذا كنت لا تستطيع تركيب مكوّناتك عليه بسهولة؟ والرغبة بالحصول على محرّكات يمكن تركيبها بسهولة على هيكلٍ تعني في أغلب الأحيان إحضار صفائح وتوصيلات متخصصة، رغم أن هذا ليس مطلوباً. فقد تم بناء العديد من الكوادكوبترات باستخدام أشرطة لاصقة وربطات بلاستيكية.
- **السعر** – إنني أرى فرقاً كبيراً في الأسعار، لكنه ليس واضحاً جداً أحياناً ما الذي ستحصل عليه لقاء المبلغ الإضافي. فبين كل أجهزة الهواة المتوفرة في الأسواق، هناك بعض فئات المنتجات التي تعرض مطبوعات جميلة على الهيكل وتكلّف الضُعف، لكن النتيجة النهائية ليست مؤثّرة إلى هذا الحد.
- **القوة** – السر السيء في الكوادكوبترات هو أنها تتحطّم – كثيراً! فهي تسقط باستمرار بعد نفاد البطاريات أو حصول خلل تقني. كم درجة المتانة التي تسعى أن تكون بها طائرتك بدون طيّار؟ من جهة أخرى، للقوة ثمن في أغلب الأحيان هو الوزن، وما الفائدة من امتلاك كوادكوبتر غير قابلة للتلف لا يمكنها الارتفاع عن الأرض؟ وهذا يأخذنا إلى....
- **الوزن** – المعيار الأخير الذي يجب التفكير به هو الوزن. فقوة رفع محرّكاتك تعوّض عن وزن الهيكل، وإذا كانت لديك محرّكات ومراوح عملاقة، يمكنك الإفلات من عواقب استخدام هيكل متين أكثر.

تصنيع هيكل طائرة خاص بك

رغم أن الشراء هو خيار يمكنك اعتماده في أي وقت، إلا أن بناء هيكل الطائرة بنفسك أفضل بالتأكيد إذا كان لديك الوقت والأدوات والمواد. بهذه الطريقة، يمكنك الحصول على هيكل الطائرة المثالي لاحتياجاتك، ويمكنك الافتخار بأنك صنعت شيئاً!

ستناقش الأقسام التالية الطرق الثلاثة الأساسية لإنشاء هيكل الطائرة.

مجموعة بناء

عند استخدام مجموعة بناء، لن تضطر إلى تصميم أي شيء، بل فقط ستبني هيكل الطائرة من عارضات بلاستيكية أو معدنية. صحيح أن معظم أطقم التصنيع اليدوي تنطوي على توصيل القطع ببعضها في جميع الأحوال – طبعاً القطع المخصصة بدلاً من القطع الجاهزة – لكن سيظل بإمكانك رؤية مدى سهولة بناء هيكل الطائرة.

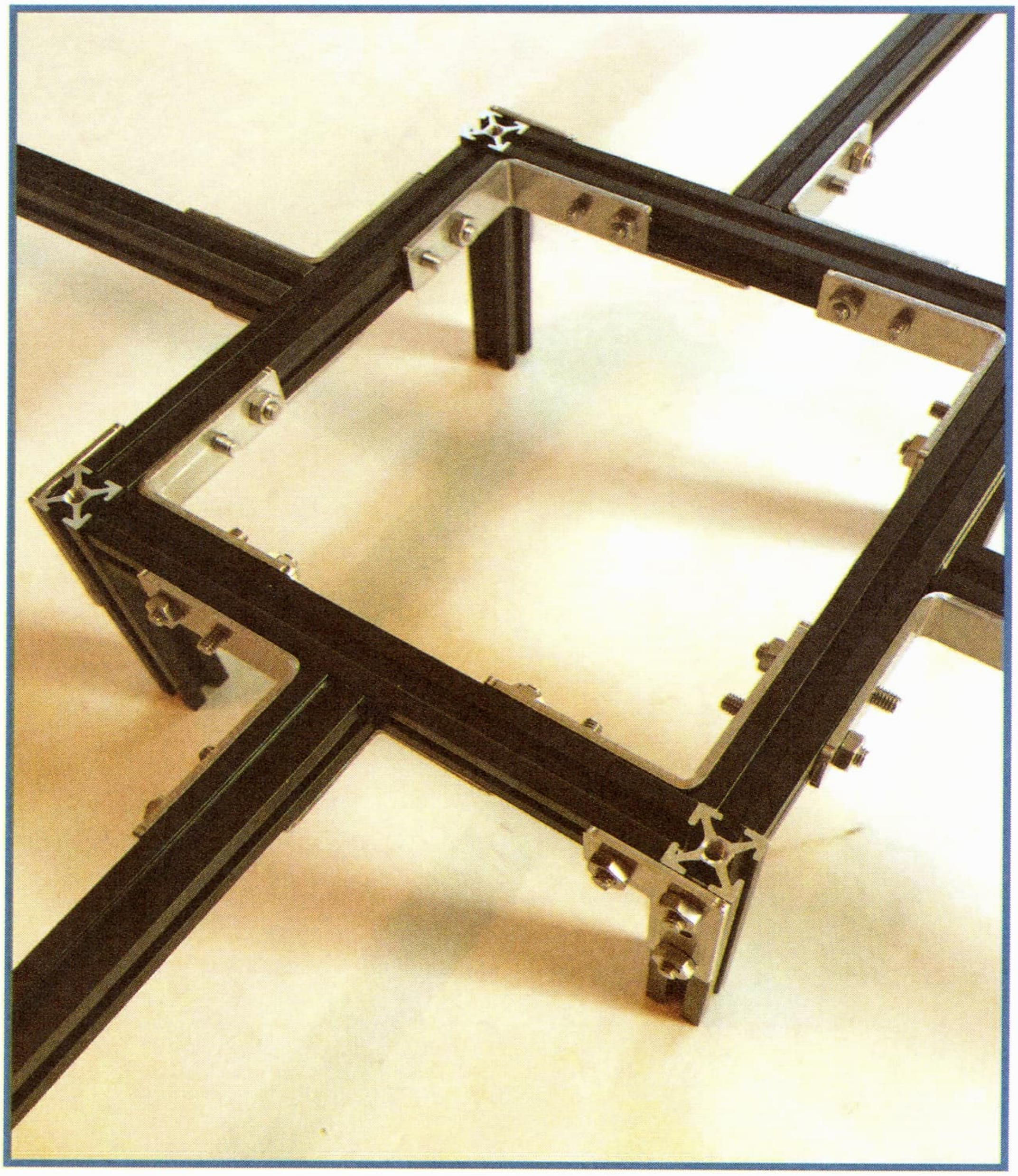
سأبيِّن لك في هذا الفصل كيفية استخدام مجموعة بناء ألومنيوم مريحة وذكية تدعى MakerBeam لبناء هيكلٍ، مثلما هو مبيَّن في الشكل 4-3.

طابعة ثلاثية الأبعاد

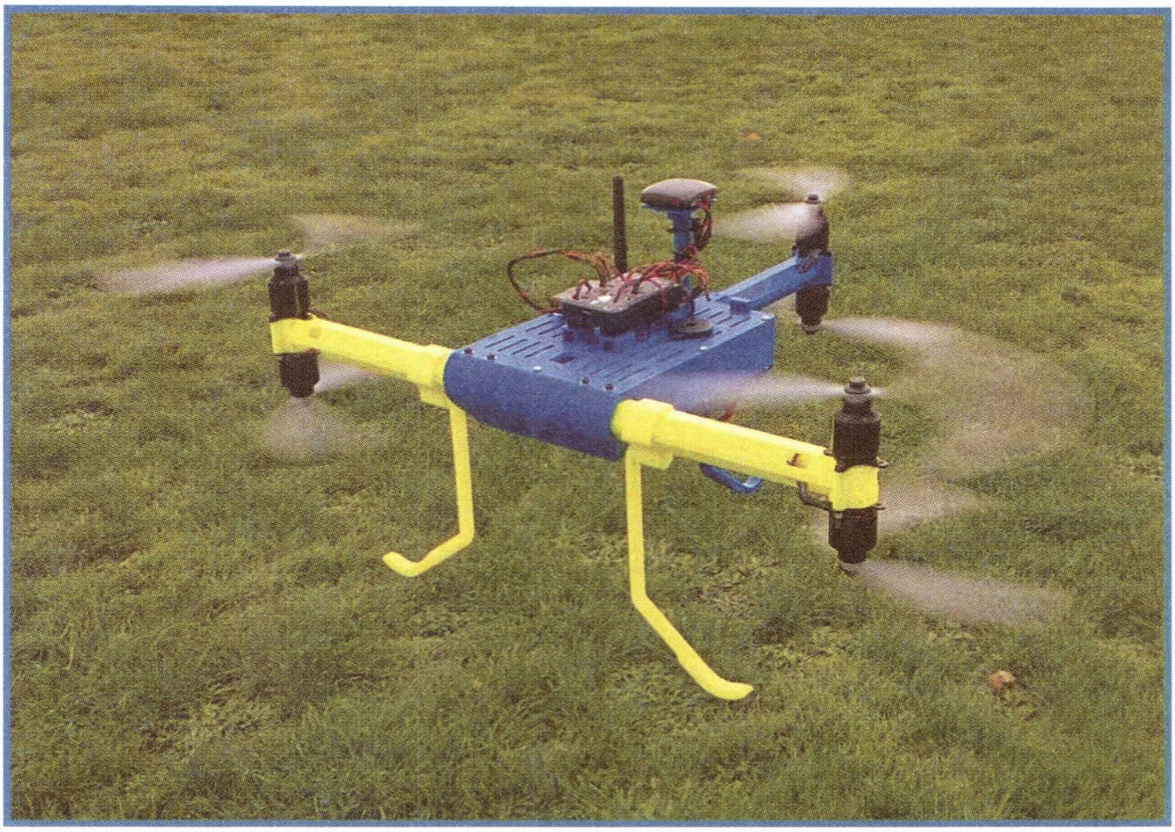
هناك خيار آخر هو طباعة هيكل الطائرة باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد، وهي أداة تنشئ كائنات ثلاثية الأبعاد من البلاستيك المذوَّب. يوجد من قبل مجموعةٌ من قطع الكوادكوبتر في موقع Thingiverse، وهو

موقع يقدِّم ملفات للطابعات الثلاثية الأبعاد يمكن تنزيلها مجاناً. خذ مثلاً الكوادكوبتر T-6، المبيَّنة في الشكل 4-4. قـد قام منشئها، Brendan22، بتصميم وطباعة الأذرع والصندوق، ويمكنك تنزيل تصميماته من Thingiverse على العنوان http://www.thingiverse.com/Brendan22/designs.

إذا كـنت لا تحـبّذ تنزيـل أعمال شخص آخر، يمكنك استخدام برنامج تصميم ثلاثي الأبعاد مثل SketchUp (sketchup.com) أو Tinkercad (tinkercad.com) لبـنـاء القطعـة الـتي تحـتاج إليها لمـشروعك، ثم طباعتها على طابعتك الثلاثية الأبعاد. إذا بدا لك هذا مكلفاً قليلاً، معك حق إلى حد ما. فالطباعة الثلاثية الأبعاد ميزةٌ جديدةٌ، والأسعار لم تنخفض إلى النقطة التي تمكّن أي شخص من اقتناء طابعة ثلاثية الأبعاد في منزله. لا تقلق: فهناك طرق أخرى كثير لبناء هيكل الطائرة!



الشكل 4-3 إبنِ هيكل طائرة بكل بساطة بمساعدة الخطوات المذكورة لاحقاً في هذا الفصل.



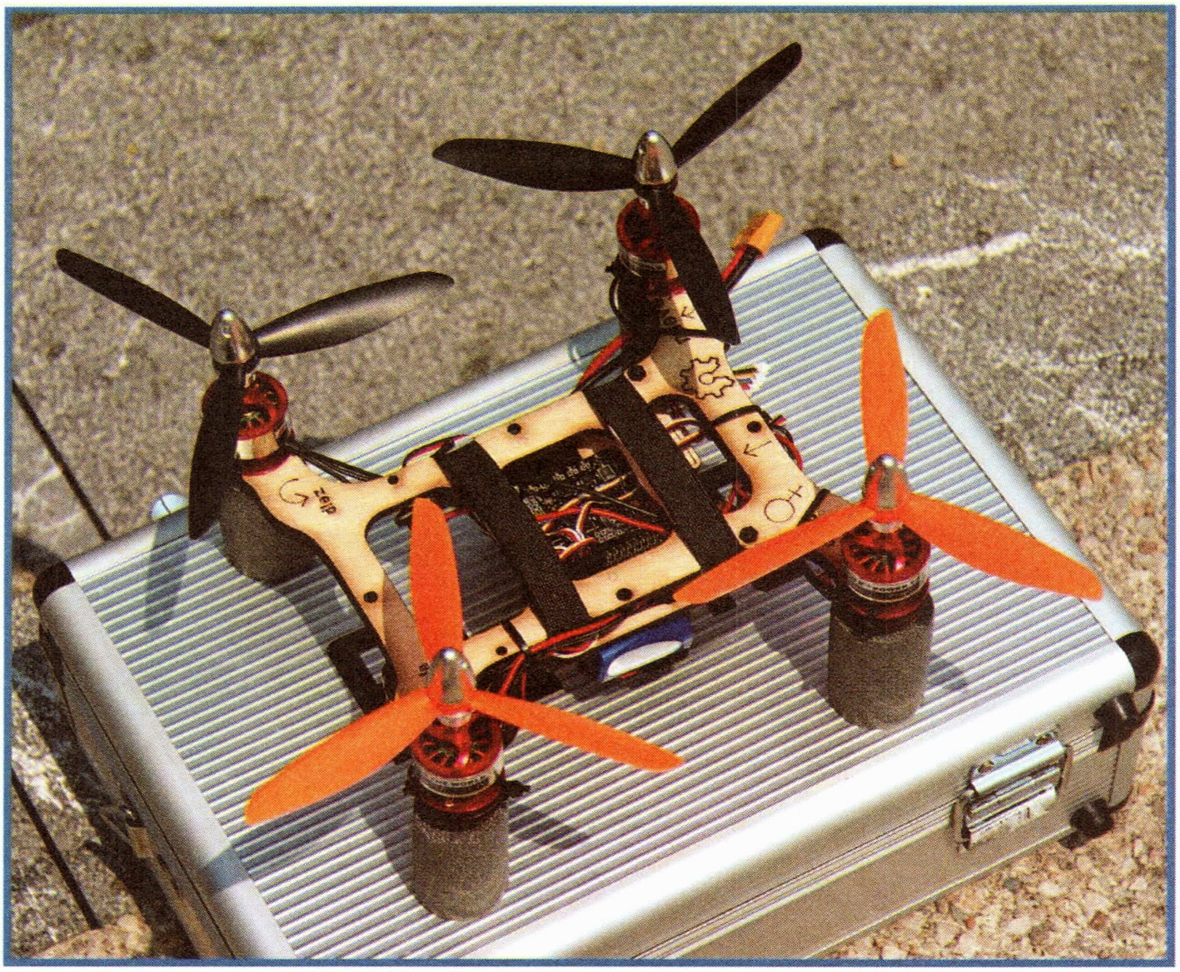
الشكل 4-4 تستخدم الكوادكوبتر T-6 بدناً مطبوعاً بالأبعاد الثلاثية وستة محرّكات.

الخشب

يُعتبر الخشب مادة خفيفة الوزن وقوية جداً لهيكل الطائرة، خاصة للكوادكوبترات الأصغر والأخف وزناً. ويستخدم الكثير من الطائرات الشراعية خشب البلزا، وهو خشب خفيف الوزن بشكل كبير ويمكن قولبته بسهولة. لكن للكوادكوبترات قدرة على حمل أوزان لا بأس بها، وهذا يجعل نسبة قوة الخشب إلى وزنه غير المؤثّرة نسبياً أقل من مشكلة.

إحدى النواحي المسلية للهياكل الخشبية هي أنه يمكنك قصها بالليزر من ألواح خشبية رفيعة ثم جمعها مع بعضها مثل قطع البازل (puzzle). يبيّن الشكل 4–5 مثالاً عن هذا النوع من التصنيع يدعى Flone (http://www.thingiverse.com/thing:113497) وهو هيكل لكوادكوبتر يُتحكَّم بها بواسطة هاتف ذكي. يبدو رائعاً وسهل التصنيع – طبعاً إذا كان لديك جهاز قصّ بالليزر.

هناك فائدة أخرى للخشب هي أنه من السهل تعديله "على الماشي" – فقط احفر ثقباً فيه! وخلافاً للهياكل التجارية، أو حتى المعدنية والبلاستيكية، من السهل جداً قص هيكل خشبي أو الحَفر فيه. وإذا ارتكبت خطأ، كل ما عليك فعله هو قص واحد آخر بالليزر!



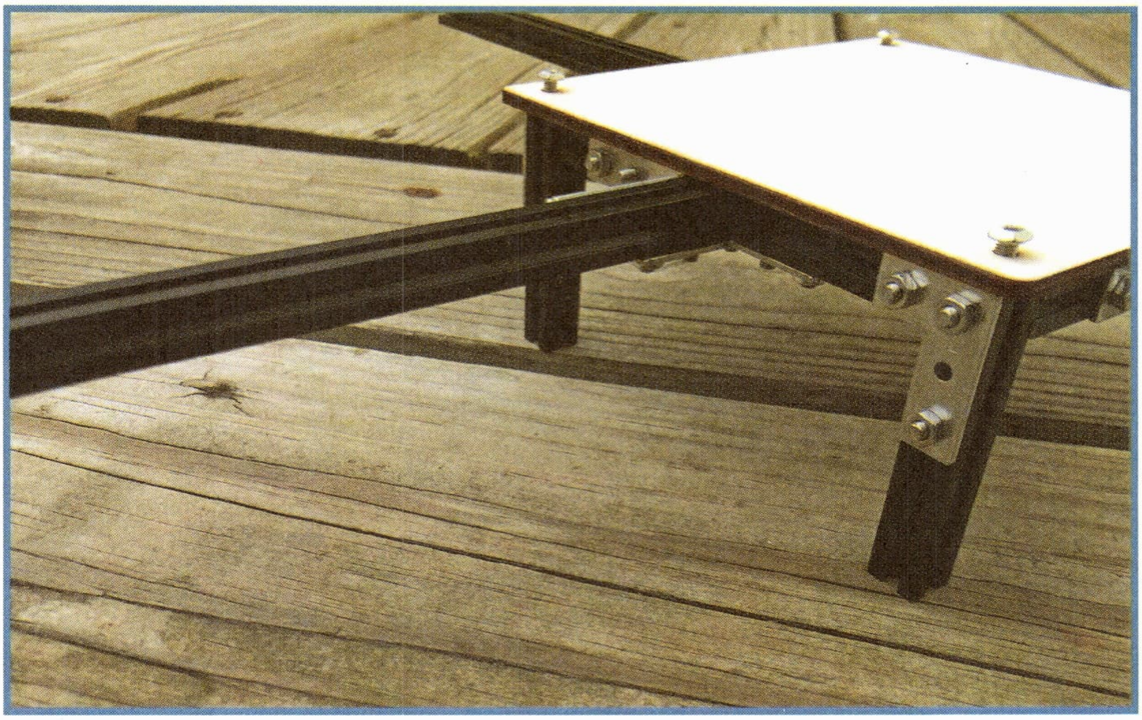
الشكل 4-5 من السهل قص الهيكل Flone بالليزر من قطعة من الخشب.

المشروع الأول: الهيكل MakerBeam

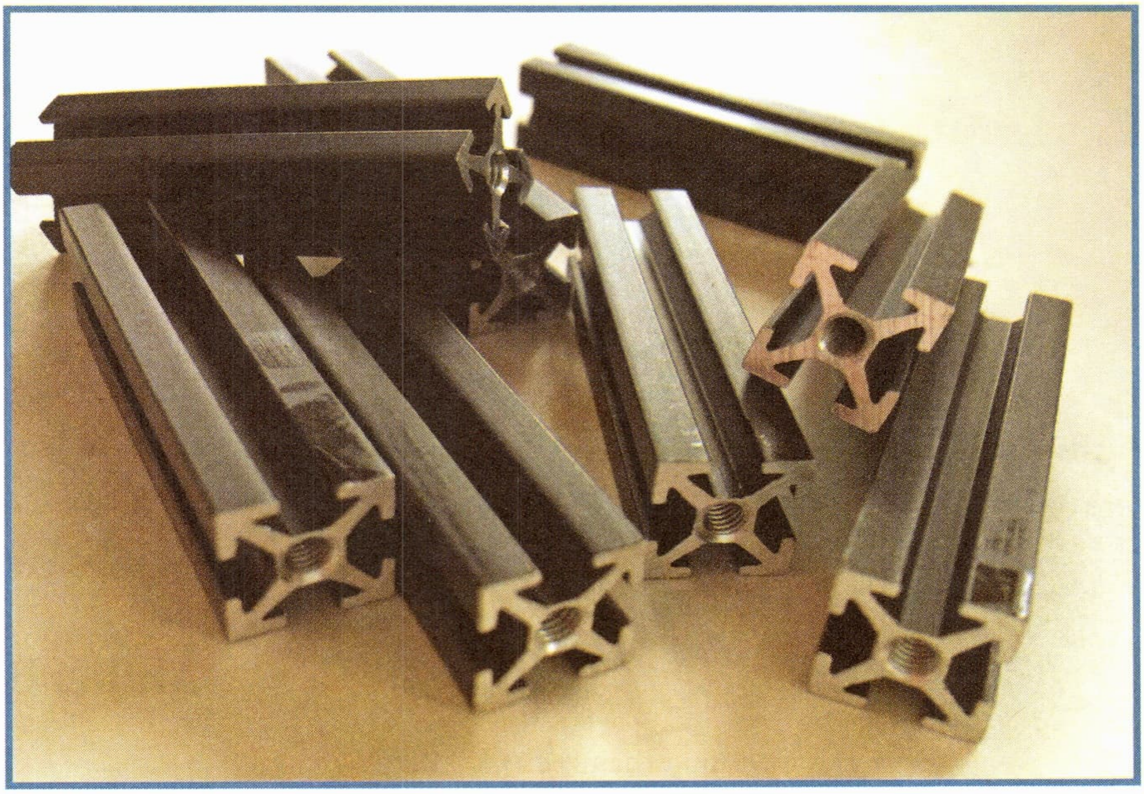
للكوادكوبتر التي أقوم بتصنيعها، قرَّرتُ تصنيع هيكل الطائرة بنفسي مستخدماً بعض عارضات الألومنيوم الجميلة التي كانت لديّ. ويجري توصيل العارضات، المبيَّنة في الشكل 4-6، ببعضها بإحكام كبير وربطها بعدة صفائح زاوية لكي لا تتفكّك الطائرة في الجو.

MakerBeam

تسمّى هذه العارضات MakerBeam (www.makerbeam.eu) وهي جميلة جداً، ويتم توصيلها ببعضها بواسطة البراغي M2.5 التي تستخدم طريقة توصيل غير اعتيادية - فرؤوس البراغي مربعة، وتدخل في أخاديد مقصوصة في عارضات الألومنيوم. وتُضاف صفائح توصيل إلى البراغي؛ ثم يُستخدَم مفتاح ربط سداسي لشدّ العزقات (راجع الشكل 4-7).



الشكل 4-6 يخدم الهيكل MakerBeam كمنصة خفيفة ومرنة لبناء كوادكوبترك عليها.



الشكل 4-7 الفجوات المسنّنة في أطراف العارضات وأخاديدها الذكية تجعل MakerBeam مفيداً لصنع هيكل الكوادكوبتر.

الفكرة التي تقف خلف المنتَج جميلة. ففي العام 2012، أدت حملة تمويل جماعي إلى إطلاق OpenBeam بمبلغ للتطوير قدره 100,000$. وكانت الغاية إنشاء مجموعة بناء من الألومنيوم مفتوحة المصدر، لكي يتمكن أي شخص من إنشاء أكسسواراته أو توسيعاته انطلاقاً من التصميم الأساسي.

ويُعتبر MakerBeam أحد فروع ذلك المشروع الأصلي، مع موصلات مختلفة وعارضات معدَّلة قليلاً، لكنه لا يزال يحافظ على المبدأ الأصلي. يمكنك شراء MakerBeam في الولايات المتحدة من موقع أمازون (ابحث عن رقم التعريف القياسي الخاص بموقع أمازون [ASIN] ذي القيمة B00G3J6GDM).

يمكنك أيضاً شراء OpenBeam الأصلي (www.openbeamusa.com) من Adafruit. إنه يعمل بنفس الطريقة تقريباً، لكنه يستخدم عزقات محاصرة في الأخاديد، بدلاً من رؤوس البراغي. كما يقدِّم تصاميم قابلة للتنزيل لكي تتمكن من طباعة موصلاتك بالأبعاد الثلاثية.

القطع

ستحتاج إلى القطع التالية لبناء هيكل طائرتك (المبيّن في الشكل 4-8). لاحظ أن كل قطع MakerBeam موجودة في الطقم MakerBeam Starter (رقم القطعة 01MBTBKITREG):

أ. أربع عارضات 150 ملم (رقم القطعة 100089).

ب. أربع عارضات 100 ملم (رقم القطعة 100078).

ج. أربع عارضات 60 ملم (رقم القطعة 100067).

د. ثمانية أقواس زاوية (رقم القطعة 100315).

هـ. أربعة أقواس زاوية قائمة (رقم القطعة 100326).

و. أربعة أقواس L (رقم القطعة 100304).

ز. براغي M3 قياس 6 ملم (رقم القطعة 100359)، لكنهم يقدِّمون براغي أطول غير موجودة في هذا الطقم.

ح. عزقات M3 (رقم القطعة 100416). كما يقدِّمون عزقات ذاتية القفل (رقم القطعة 100405).

ط. قطعة خشب. لقد استخدَمتُ مربعاً من خشب بتولا البلطيق حجمه 13×13 سم وسماكته 3 ملم للمنصة، مع فجوات للبراغي تبعد 11 سم عن بعضها البعض (غير مبيَّنة في الشكل 4-8).

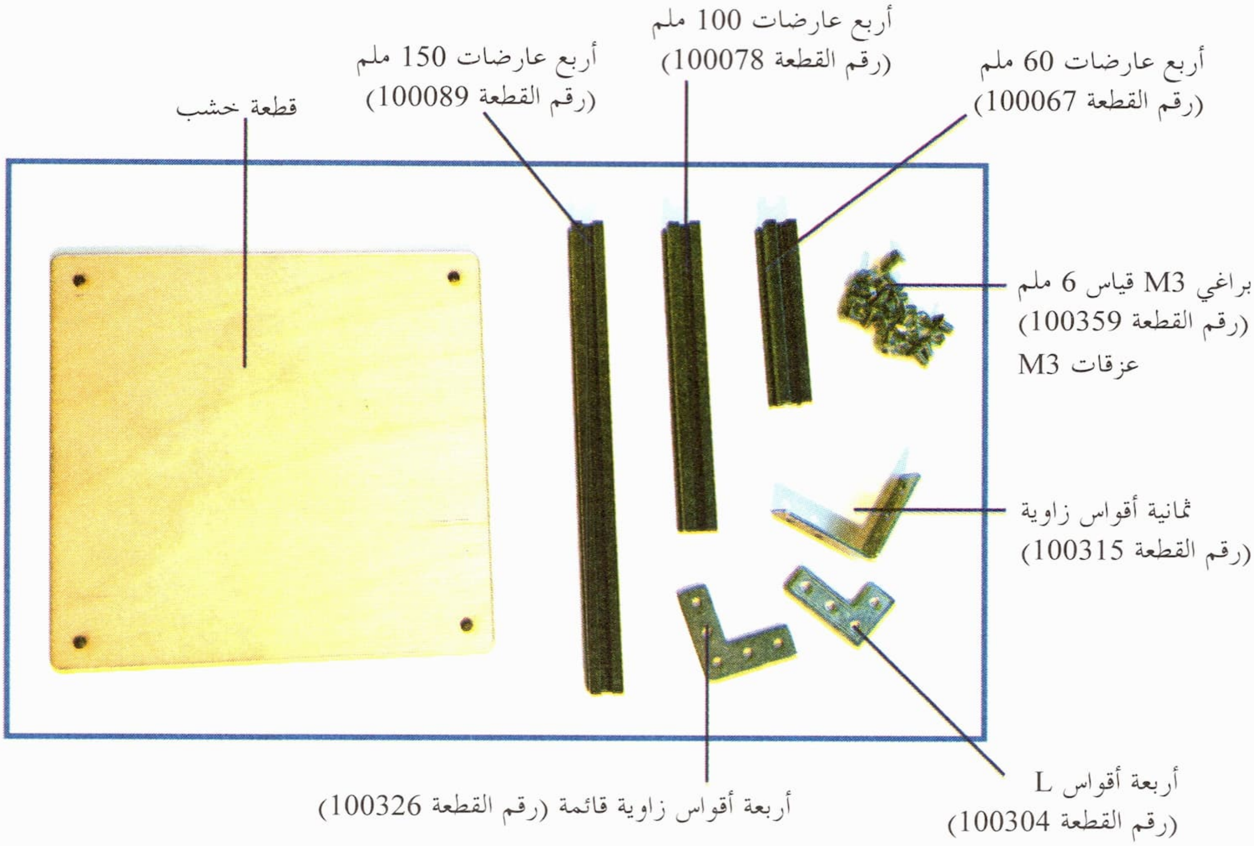
الخطوات

بعدما تتجمَّع لديك كل القطع المطلوبة، نفِّذ الخطوات التالية لبناء هيكل طائرتك:

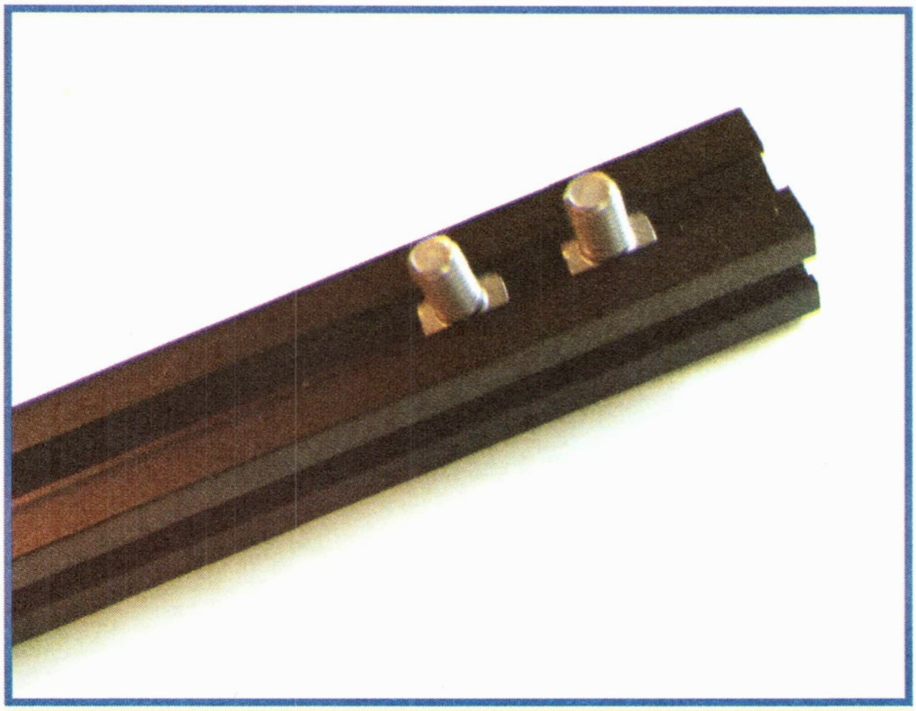
1. اصنع أربعة أقسام متماثلة، كل واحد منها يتألف من دعامة محرِّك مع قسم من المربع المركزي. تبيِّن لك الخطوات الفرعية التالية كيفية صنع كل قسم:

أ. أدخِل برغيين في أخدود عارضة 150 ملم. ثبّت قوس زاوية قائمة في ذلك البرغيين باستخدام العزَقات المزوَّدة ومفك سداسي، كما هو مبيَّن في الشكل 4-9 (لاحظ أنني شددتُ فقط كل

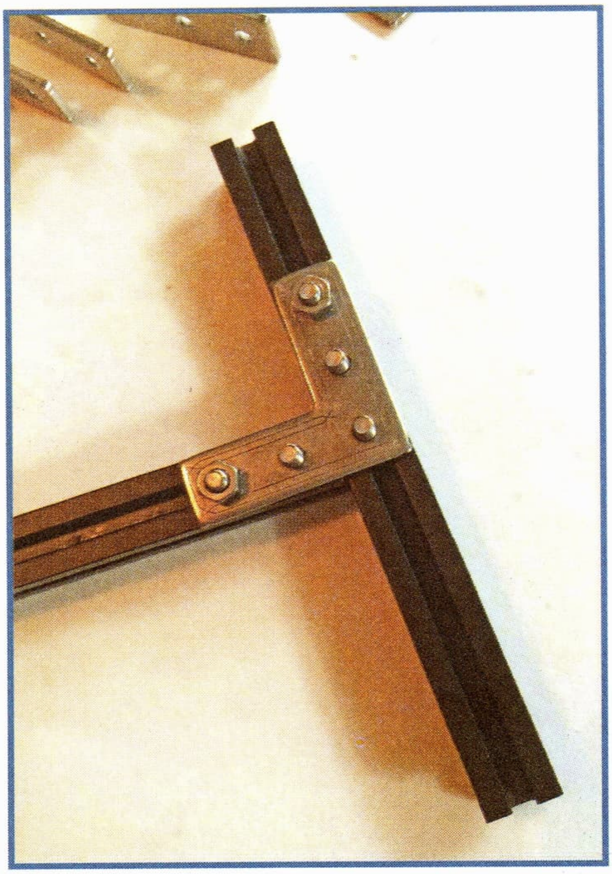
برغي آخر، لكي أتمكن من إجراء تعديلات بسرعة أكبر. سأعود لاحقاً وأنهي إضافة العزقات حالما يصبح التصميم مثلما أريده).



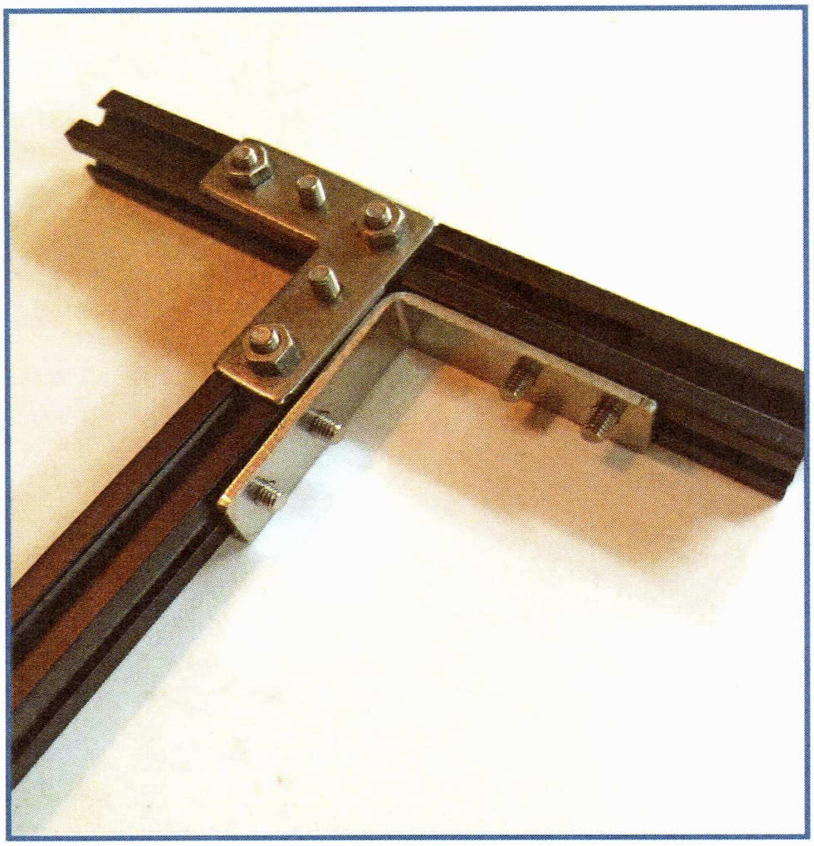
الشكل 4-8 ستحتاج إلى هذه القطع لبناء الهيكل MakerBeam.



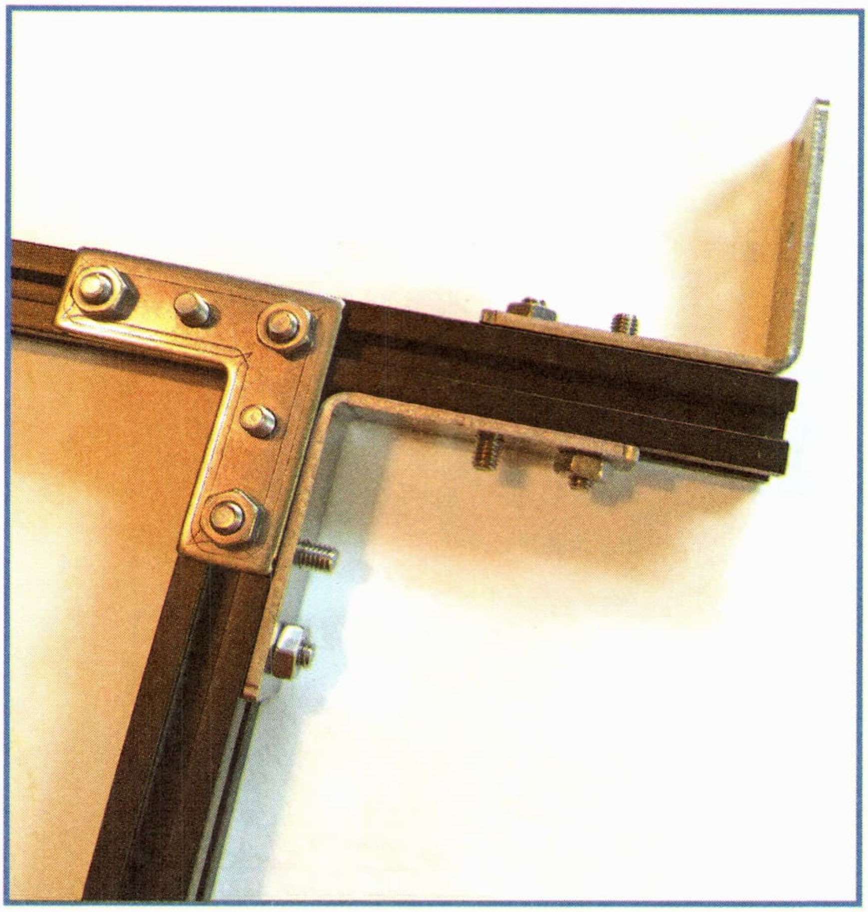
الشكل 4-9 أدخِل رأسَي برغيين M3 في أخاديد عارضةٍ 150 ملم.



الشكل 4-10 اصنع شكلاً T بواسطة العارضتين وثبّته بقوسٍ.



الشكل 4-11 قوِّي الشكل T بقوس آخر.



الشكل 4-12 أضف قوساً آخر.

ب. أدخل برغيين في أخدود عارضة 10 سم. وقم بتوصيلها بالعارضة 15 سم والقوس اللذين جهّزتهما من قبل، كما هو مبيَّن في الشكل 4-10. ثبّتها بعزقتين.

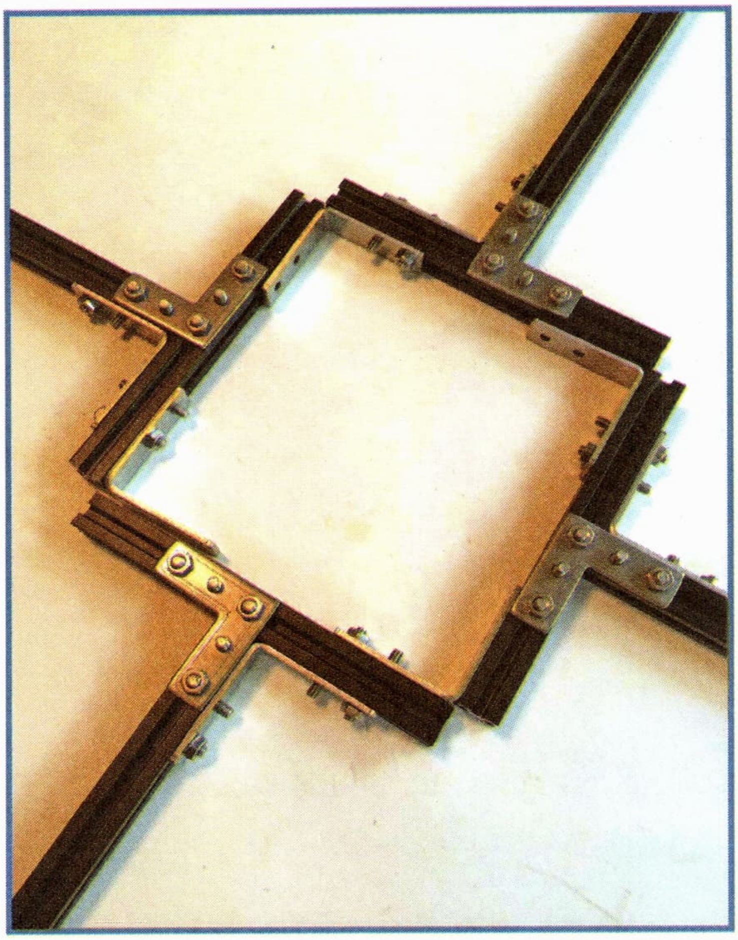
ج. أضف قوس زاوية للمساعدة في تثبيت العارضات، كما هو مبيَّن في الشكل 4-11. ثبّت القوس بالطريقة الاعتيادية.

د. قم بتوصيل قوسٍ L بأعلى العارضة 10 سم، مع ضبط مكانها مثلما ترى في الشكل 4-12.

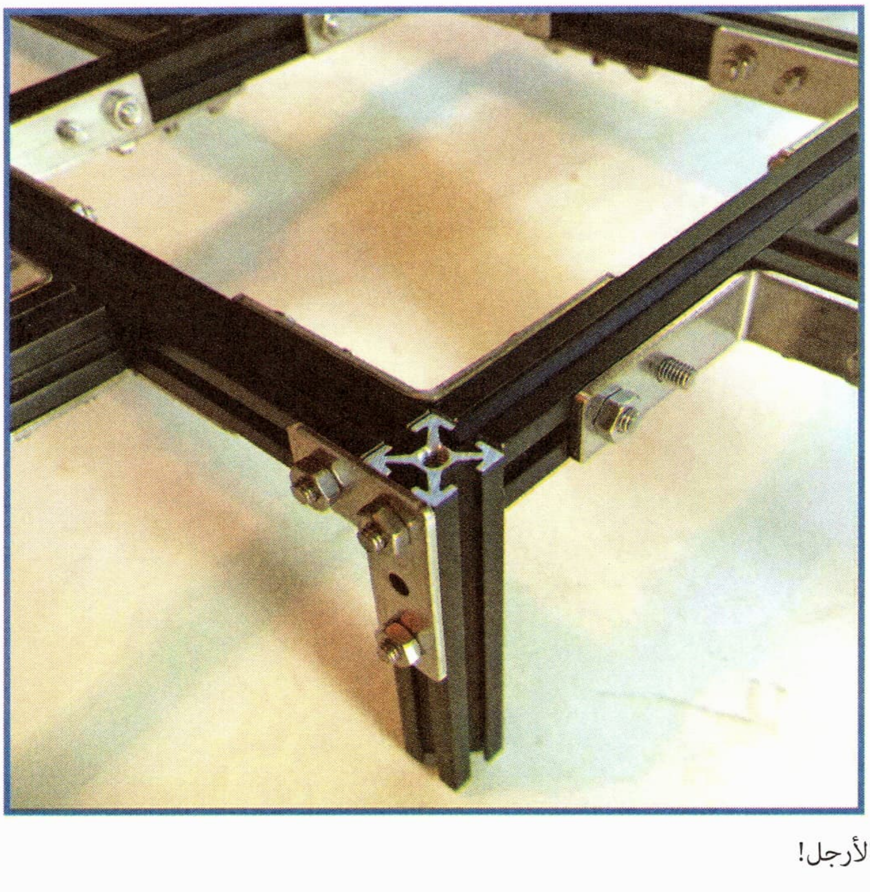
2. بعدما تنتهي من بناء الأقسام الأربعة، وصّلها ببعضها باستخدام المعدات الاعتيادية. يجب أن تبدو تماماً كما هو مبيَّن في الشكل 4-13.

3. اقلب هيكل الطائرة رأساً على عقب بحيث تصبح الأقواس L المسطَّحة في الأسفل. أضف أربع عارضات 6 ملم وثبّتها بأقواس L. يبيِّن الشكل 4-14 كيف يجب أن تبدو عليه الأمور.

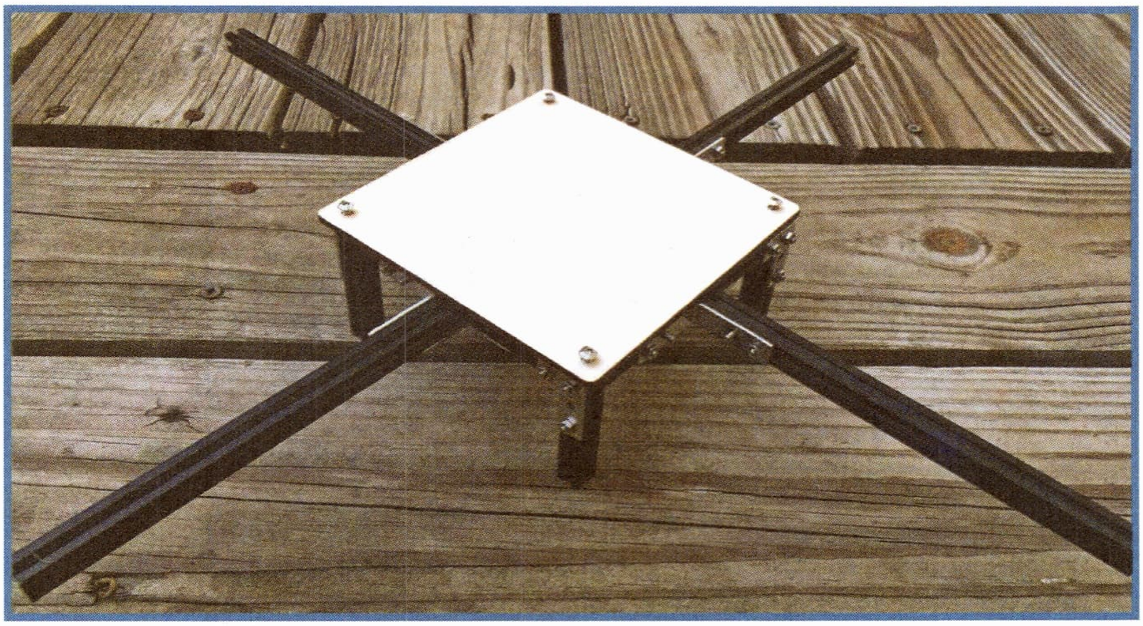
4. أنت جاهز الآن لإضافة المنصة الخشبية، المبيَّنة في الشكل 4-15. لقد قصصتُ بالليزر الشكل الدقيق الذي أحتاج إليه، لكن يمكنك استخدام أي قطعة خشب قديمة (رفيعة) وحَفر الثقوب بنفسك. لا تجعلها سميكة جداً! فخشب بتولا البلطيق بسماكة 3 ملم كحد أقصى يفي بالغرض. ثبّت المنصة بالثقوب المسنّنة في أعلى الأرجل الأربعة باستخدام المسامير الملولبة M3 ومفتاح ربط سداسي.



الشكل 4-13 وصّل الأقسام الأربعة ببعضها، وستبدأ برؤية هيكل الطائرة يظهر أمامك.



الشكل 4-14 أضف الأرجل!



الشكل 4-15 وصّل المنصة الخشبية بأعلى الأرجل.

هــل تــبدو الكوادكوبتــر غير مكتملة؟ يجب أن تبدو هكذا، فلا زلت بحاجة إلى المحرّكات والمراوح والإلكترونيات. كن صبوراً! ستحصل على فرصة لإكمال عملية البناء في الفصول المقبلة.

الخلاصة

لقــد قطعت شوطاً جيداً في بناء كوادكوبتر خاصة بك - فقد شيَّدتَ هيكلها من عارضات ألومنيوم! وســتقوم في الفصول التالية بإضافة المحرّكات والمراوح والبطارية والمتحكم الصُغري. لكن دعنا نمرح قليلاً! ســتقوم في الفــصل 5 ببناء حمولة إلكترونية ستسجّل بيانات قوة التسارع (g-force) التي يتعرّض لها أي صاروخ خلال المعارك.

5

مشروع طائرة صاروخية بدون طيّار

دعـــنا نمـــرح قليلاً باستكشاف نوع مختلف من الطائرات بدون طيّار. إنني أتكلم عن الصواريخ، والتي يمكن وصفها كنوعٍ من الطائرات بدون طيّار مستقلة بذاتها بالكامل. ستتعلّم قليلاً في هذا الفصل عن تاريخ صـــواريخ الهـــواة وتستعرض خطوات بناء صاروخ مُسيَّر لتجميع البيانات يسجّل ارتفاعه لكي تتمكن من دراستها لاحقاً. يمكنك رؤية الصاروخ في الشكل 5-1.

صواريخ الهواة

بـــدأ الأشخاص يتسلّون بالصواريخ منذ اختراعها من عدة قرون. وهذا يتمحور في أغلب الأحيان في الـــولايات المـــتحدة هذه الأيام حول صواريخ صغيرة مصنوعة من البلاستيك والبلزا صنع شركة Estes Rockets (أســـتس روكـــتس) الموجـــودة في مدينة بنروز (Penrose) في ولاية كولورادو. تبيع Estes محرّكات صواريخ صلبة وأطقم صواريخ (كالطقم المبيَّن في الشكل 5-2) وكذلك أنظمة إطلاق.

في العـــام 1959، طوَّر Vern Estes (فيرن أستس) آلةً توضّب محرّكات صواريخ صلبة، وأنشأوا أطقم صـــواريخ حولها. كانت صواريخ Estes رخيصة وسهلة إلى حد معقول وسرعان ما حقّقت نجاحاً عالمياً باهراً. ومحرّكات صواريخ Estes في الأساس عبارة عن دافع صلب في أنبوب كرتوني، وتحتوي على شحنة ثانـــوية لنشر المظلّة بعدما تحترق الشحنة الرئيسية بالكامل. كما تبيع الشركة أيضاً أنظمة إطلاق تتألف من متحكم محمول باليد ومنصة إطلاق مع قضيب معدني نحيل يوجّه الصاروخ نحو السماء.

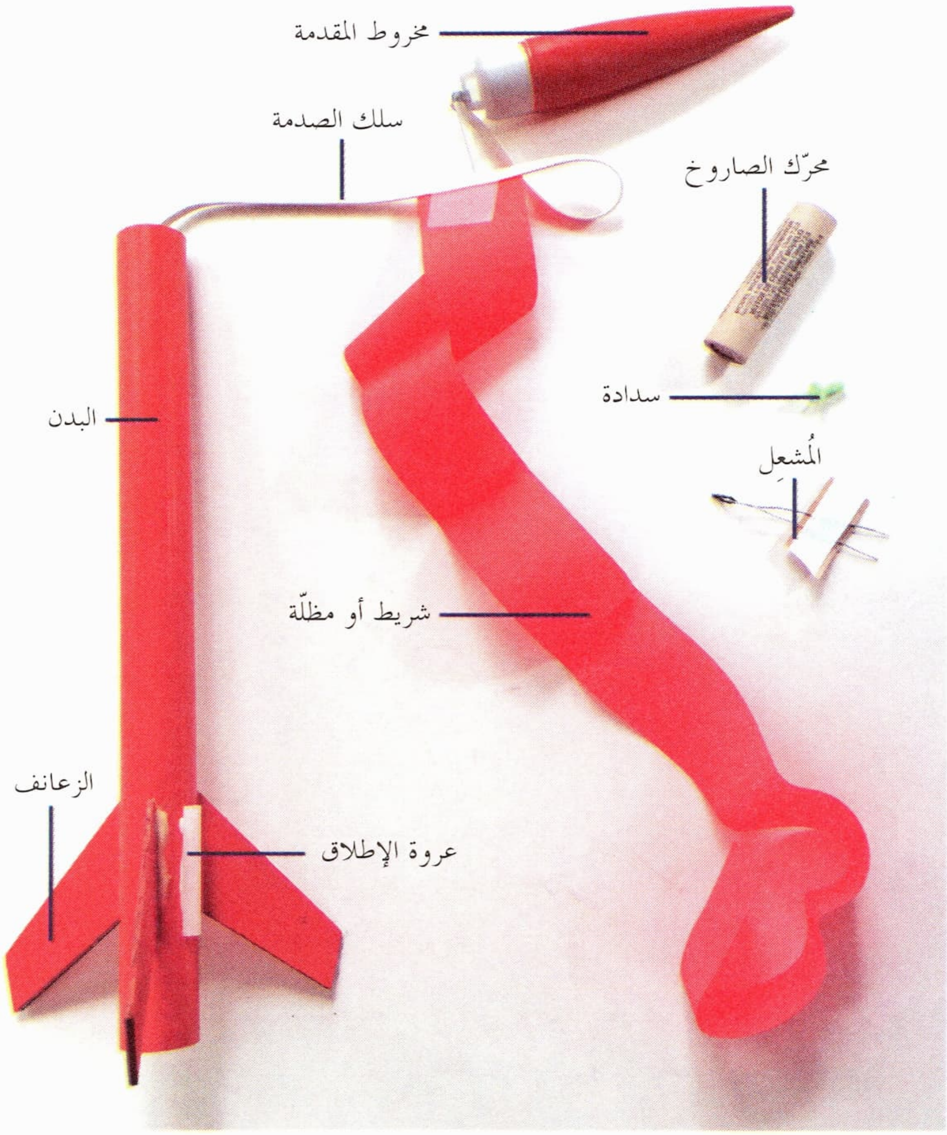
يتـــراوح حجـــم صواريخ Estes من صواريخ صغيرة جداً إلى صواريخ ضخمة. ويقف Mosquito (موسكيتو) الصغير جداً في الطرف المنخفض من هذا النطاق، فهو خفيف جداً لدرجة أنه يسقط بأمان من دون مظلّـــة. أما في الطرف المعاكس لهذا النطاق فيقف الصاروخ Leviathan (ليفياثان) الذي يملك محرّكاً قوياً يدفعه إلى ارتفاعات تزيد عن 450 متر. هناك عدد كبير من التصاميم المختلفة، وحتى أنه يمكنك شراء تشكيلة متنوعة من أنابيب الصواريخ ومخاريط المقدمة لإنشاء صاروخ خاص بك.



الشكل 5-1 ستبني صاروخ تجميع البيانات في هذا الفصل.



الشكل 5-2 طقم صاروخ Estes. فقط أضف بعض الغراء والطلاء!



الشكل 5-3 رغم صغر حجمه في أغلب الأحيان، يتألف مجسَّم الصاروخ من عدد كبير من القطع.

دعنا نستعرض القطع التي يتألف منها مجسَّم صاروخ نموذجي، مع الاستعانة بالشكل 5-3.

أ. **مخروط المقدمة** – إنه في أغلب الأحيان القطعة البلاستيكية الوحيدة في مجسَّم الصاروخ، ويساعد على جعل الصاروخ أكثر انسيابيةً في الهواء، علماً أنه متينٌ كفاية ليتحمّل الصدمة إذا ارتطم بقوة بالأرض عند سقوطه.

ب. **سلك الصدمة** – إنه مجرد السلك (رباط مطاطي في هذه الحالة) الذي يربط الشريط/المظلّة ومخروط المقدمة وبدن الصاروخ سويةً.

ج. **الشريط أو المظلّة** – بعد أن ينفد الوقود من محرّك الصاروخ، تنفجر شحنة ثانوية تنشر المظلّة – أو شريطاً في هذه الحالة. لا تحتاج الصواريخ الصغيرة إلى مظلّة ويكفيها شريطٌ سيزوِّد احتكاكاً بالهواء يكفي لإبطاء سرعة الصاروخ لكي لا يتحطّم عندما يرتطم بالأرض.

د. **حشوة الاسترجاع** - هذه الحشوة المقاوِمة للحرائق تحمي المظلّة من الشحنة الثانوية (غير مبيَّنة في الشكل 5-3).

هـ. **البدن** - يشكّل الأنبوب الكرتوني (عادة) البدن المركزي للصاروخ.

و. **الزعانف** - تزوِّد ثباتاً خلال الطيران. وتكون عادة في صواريخ Estes مقصوصة بالليزر من قطعة خشب البلزا. وتفترض معظم الأطقم أنك ستصقل الزعانف بالورق المُرمَّل وتطليها ثم تلصقها على الأنبوب. من الصعب في الواقع القيام بهذه الخطوة من المرة الأولى.

ز. **عروة الإطلاق** - هذا الأنبوب يوجّه الصاروخ صعوداً على القضيب المعدني الذي هو جزء من منصة الإطلاق. يشبه كثيراً قشة شرب العصير.

ح. **محرّك الصاروخ** - تتألف محرّكات Estes من أنبوب كرتوني مع دافعٍ وشحنة ثانوية داخله.

ط. **المُشعِل** - يحمى هذا السلك عندما تمرّ عبره الكهرباء، وبالتالي يُشعِل وقود الصاروخ.

ي. **السدادة** - تمنع المُشعِل من السقوط قبل الإطلاق.

دليل سريع إلى أردوينو

الآن وقد أصبحت على اطلاع كامل على علم الصواريخ، دعنا ننكبّ على درس مهارة أخرى ستحتاج إليها في مشروع هذا الفصل: المتحكم الصُغري أردوينو.

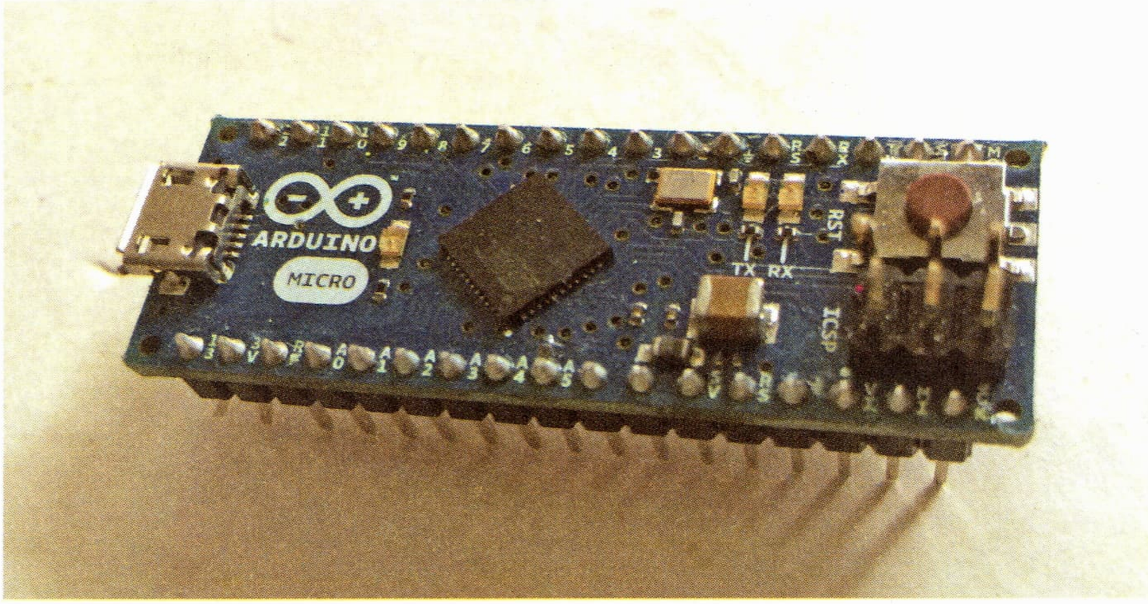
يستلزم مشروع هذا الفصل استخدام أردوينو، وهو متحكم صُغري سهل الاستخدام يدير حمولة صاروخنا المجمِّع للبيانات. وسنشرح فيما يلي عملية تحميل برنامجٍ (يسمّى مخطط، sketch، في عالم أردوينو) إلى اللوحة.

يستخدم المشروع في هذا الفصل أردوينو مايكرو (راجع الشكل 5-4)، وهو أردوينو صغير كفاية ليتّسع داخل أنبوب الصاروخ، ومع ذلك يستطيع تنفيذ تقريباً نفس الأشياء التي يستطيع الطراز ذو الحجم الكامل تنفيذها، مما يجعله مثالياً لأهدافنا.

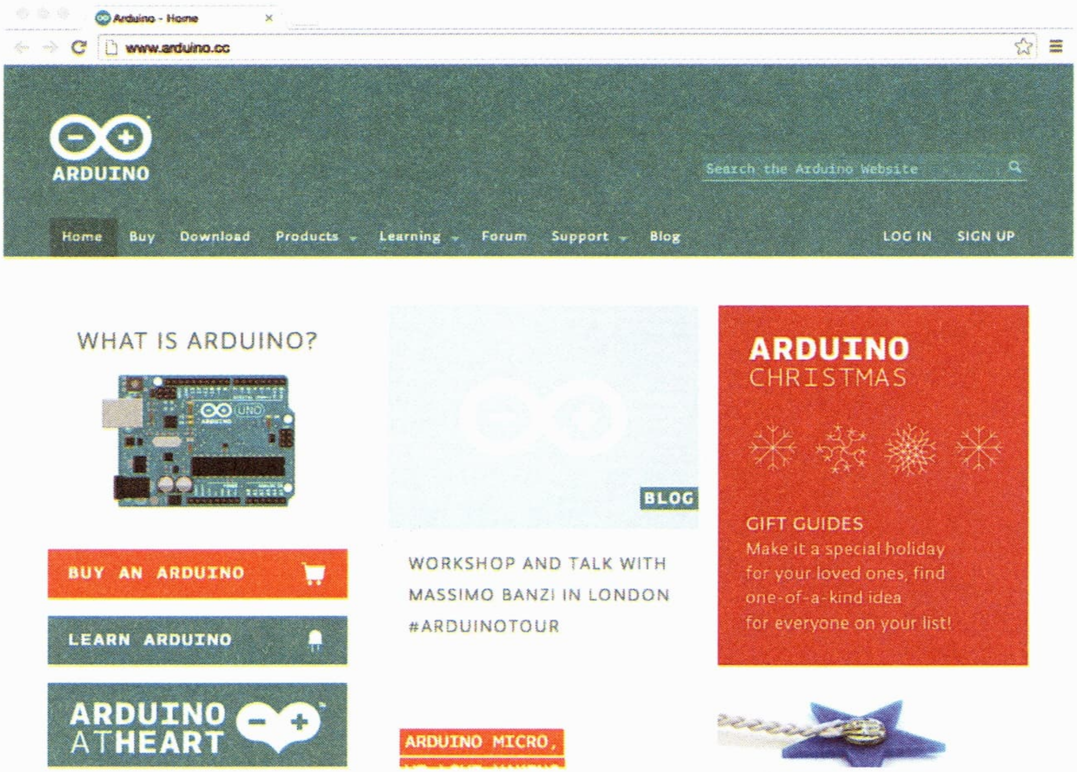
ستحتاج أيضاً إلى كبلٍ USB يعتمد نوعه الدقيق على أردوينو، حيث أن المايكرو يستخدم كبلاً USB صُغرياً (Sparkfun رقمَ القطعة 10215)، بينما أردوينو UNO يستخدم كبلاً USB A-B قياسي (رقم القطعة 512). يمكنك معرفة المزيد عن أنواع الكبلات في الموقع Arduino.cc. ستحتاج أيضاً إلى كمبيوتر مكتبي أو محمول حديث نوعاً ما - يمكنه أن يكون كمبيوتراً شخصياً أو ماكنتوش أو لينوكس.

بعدما تصبح لديك المعدات التي تحتاج إليها، نفّذ الخطوات التالية:

1. نزِّل وثبِّت برنامج أردوينو. يمكنك تنزيل هذا البرنامج وقراءة تعليمات مفصّلة عنه من موقع الويب Arduino.cc. يبيِّن الشكل 5-5 لقطة شاشة عن موقع الويب هذا.



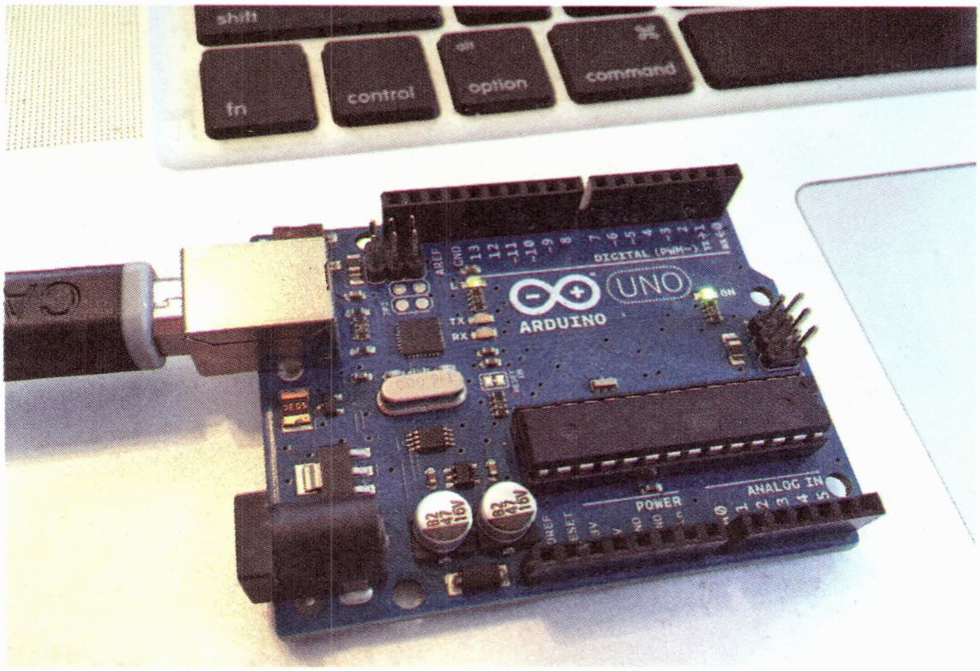
الشكل 5-4 أردوينو مايكرو هو أردوينو مضغوط مفيد للمهام ذات المساحة الضيقة.



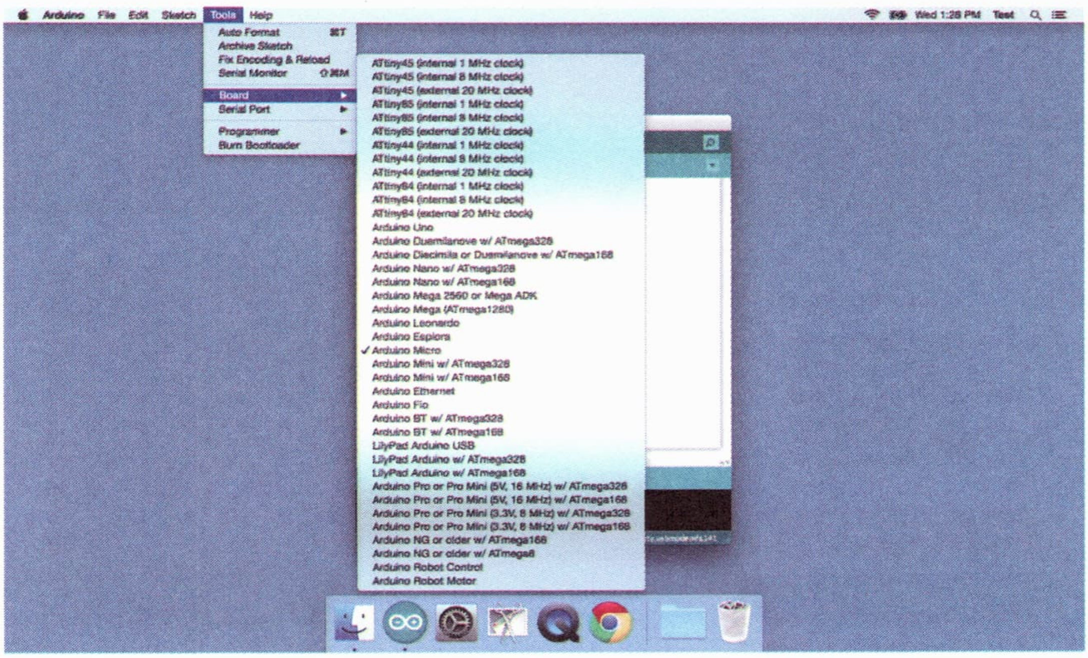
الشكل 5-5 يجب أن يكون موقع الويب Arduino.cc وجهتك الأولى لتتعلّم عن منتجات أردوينو.

2. شغِّل برنامج أردوينو وقم بتوصيل بطاقتك الأردوينو من خلال كبلٍ USB، كما هو مبيَّن في الشكل 5-6.

3. افتح القائمة Tools [أدوات] واختر الأمر Boards [اللوحات] وانتق بطاقتك الأردوينو من اللائحة، كما هو مبيَّن في الشكل 5-7.



الشكل 5-6 قم بتوصيل بطاقتك الأردوينو.



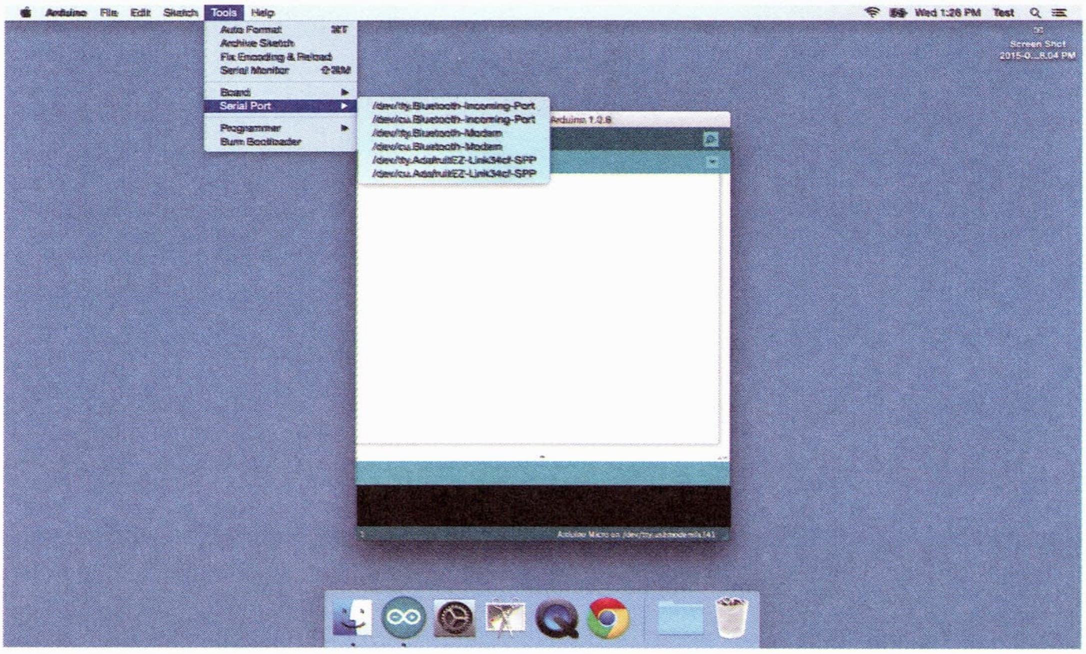
الشكل 5-7 انتق بطاقتك الأردوينو من اللائحة.

4. عليك انتقاء منفذ (port) أيضاً. ستفعل هذا من القائمة Tools [أدوات] أيضاً، كما هو مبيَّن في الشكل 5–8. قد تضطر إلى تجربة بضعة منافذ مختلفة لكي تجد منفذاً يعمل.

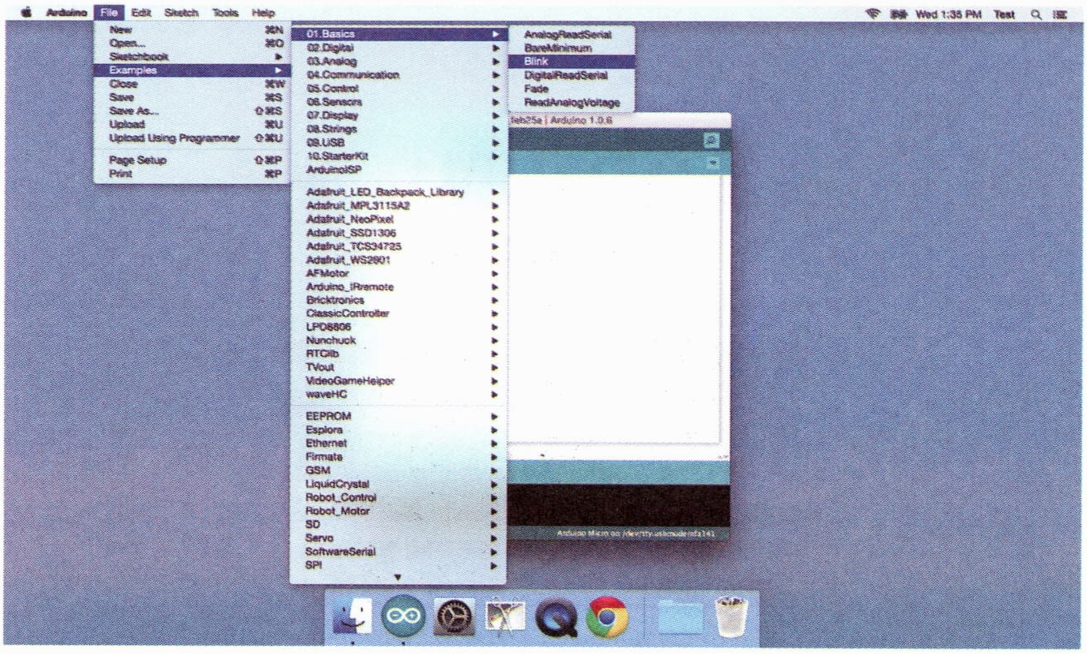
5. اختر الآن الأمر File [ملف] ≺ Open [فتح] لتفتح "مخططك"، وهو الاسم الذي يُطلَق على البرامج في عالم أردوينو. يمكنك إما تنزيل مخطط شخص آخر من الانترنت، أو استخدام مخطط مثال مثل Blink، والذي ستجده ضمن File [ملف] ≺ Examples [أمثلة] ≺ Basics [الأساسيات] ≺

Blink [بلينك] (راجع الشكل 5-9). Blink أشبه بالبرنامج Hello World (مرحباً أيها العالم) في عالم الأجهزة. بمعنى آخر، إنه أول شيء تتعلّمه!

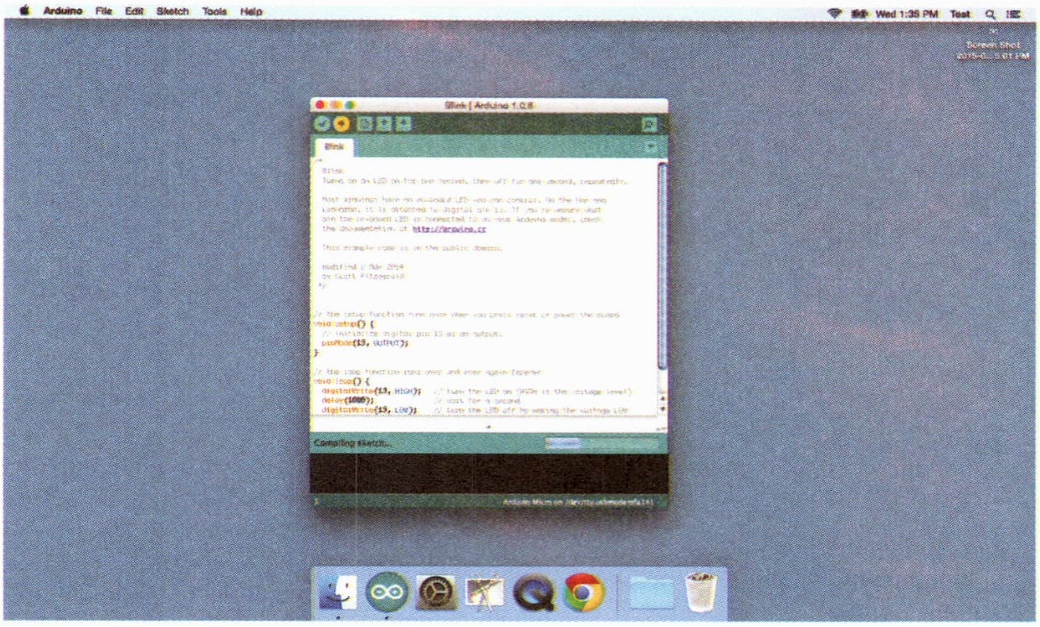
6. انقر الزر Upload [تحميل] وأرسل المخطط إلى اللوحة، كما هو مبيَّن في الشكل 5-10. لقد انتهيت! وأصبحت الأردوينو مبرمَجة الآن وستشغِّل المخطط تلقائياً عند توصيل الكهرباء بها. أنت جاهز الآن لتبني صاروخك!



الشكل 5-8 اختر المنفذ.



الشكل 5-9 افتح المخطط Blink.



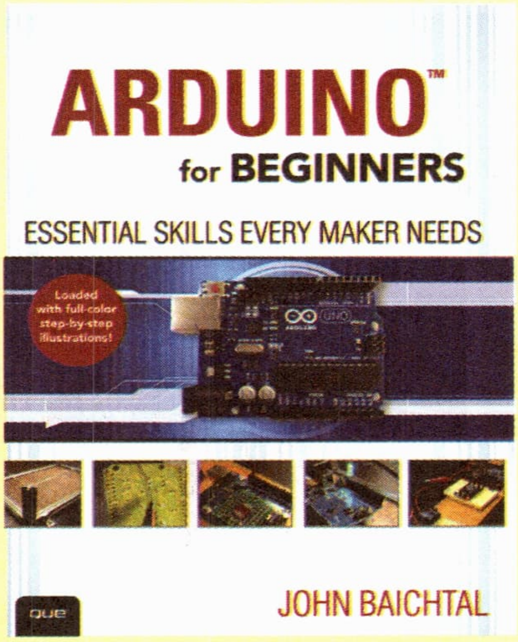
الشكل 5-10 حمِّل المخطط إلى أردوينو.

إذا ظهرت رسالة خطأ على نحو غير متوقّع، افحص إعداداتك وجرّب منفذاً آخر. وإذا فشل كل شيء، حاول الاستعانة بمنتديات الدعم وصفحة الأسئلة المتداولة بكثرة في موقع الويب Arduino.cc.

تلميح

Arduino for Beginners (أردوينو للمبتدئين)

إذا كنت تريد أن تتعلّم المزيد عن أردوينو، تأكد من شراء الكتاب Arduino for Beginners (أردوينو للمبتدئين، نشر Que في العام 2013)، وهو كتاب عن مشاريع أردوينو يتضمن مخططات وتلميحات أدوات (راجع الشكل التالي)، ويعلّم مجموعة من مفاهيم الأجهزة والبرامج التي ستساعدك على تقوية مهاراتك في عالم أردوينو.



المشروع الثاني: صاروخ تجميع البيانات

الآن وقد أصبحت على اطلاع كامل على الأردوينو، دعنا نعالج موضوع بناء صاروخ لتجميع البيانات (مبيَّن في الشكل 5-11) مع مقياس للارتفاع وقدرة على تخزين بياناته لكي تتمكن من دراستها فيما بعد. سنستخدم الصاروخ Estes V2، وهو كبير كفاية لنضع فيه لوحة دارات وبطارية. سأبيِّن لك كيفية توصيله وبرمجة بطاقة الأردوينو التي ستكون بمثابة دماغه.

القطع المطلوبة لبناء صاروخ تجميع البيانات

ستحتاج إلى القطع التالية لبناء صاروخ تجميع البيانات:

- **مجسَّم الصاروخ Estes V2 بمقياس نصفيّ** – يمكنك الحصول على هذا من معظم متاجر الهواة أو من موقع الويب Estesrockets.com (رقم القطعة 003228).
- **نظام الإطلاق Estes Porta-Pad II** – إنه مجرد بطارية 9 فولط مضخَّمة لتشغيل المحرّك (من موقع الويب Estesrockets.com؛ رقم القطعة 002215).
- **أردوينو مايكرو** – اشترها من Adafruit.com (رقم القطعة 1086) أو من متجر آخر على الانترنت.



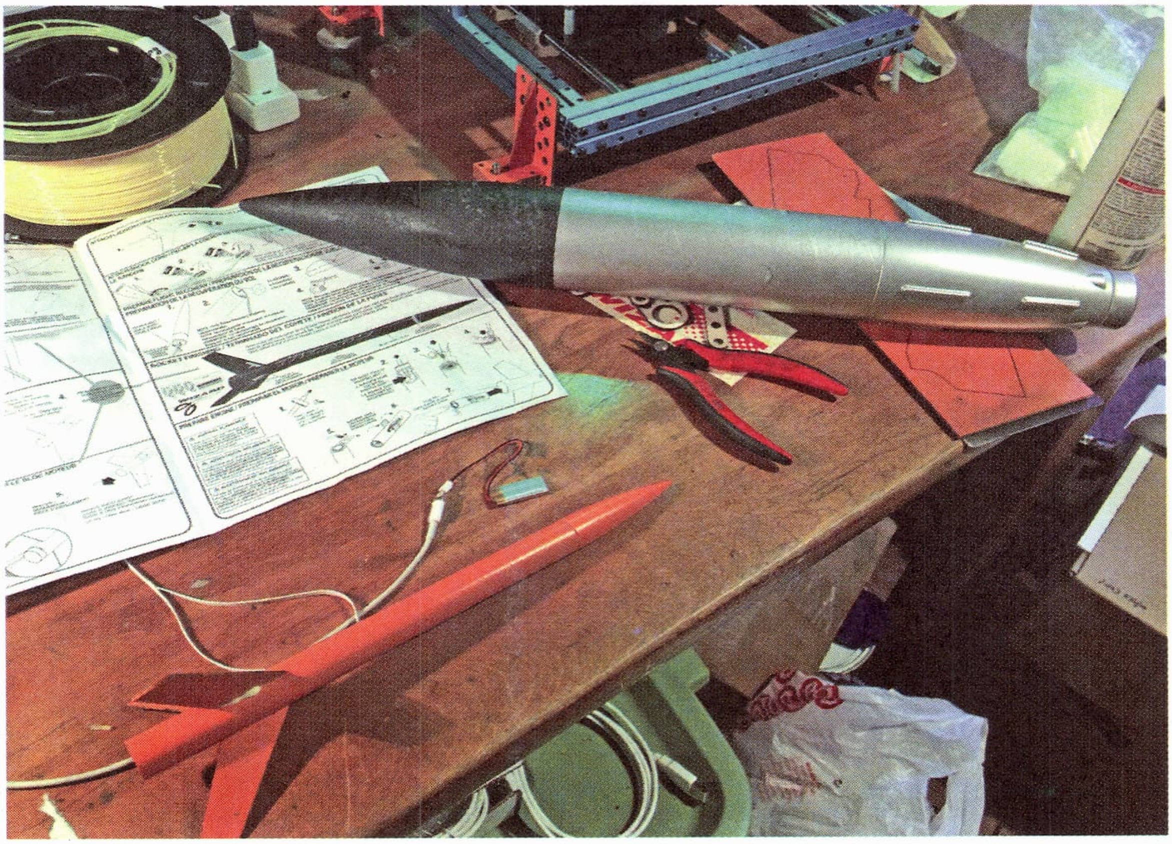
الشكل 5-11 يسجِّل صاروخ تجميع البيانات قياساته عن بُعد لدراستها لاحقاً.

- **مقياس الارتفاع** - هناك آلاف لوحات الإعداد اليدوي لمقياس الارتفاع ومقياس التسارع، لكنني اخترتُ MPL3115A2 (الموقع Adafruit.com؛ رقم القطعة 1893) التي تحدِّد تغيّرات الارتفاع عن طريق تحسّس الضغط البارومتري.
- **مسجِّل البيانات OpenLog** - يبيعه موقع الويب Sparkfun (رقم القطعة 9530).
- **لوحة تجارب بحجم نصفيّ** - لوحة التجارب البلاستيكية هذه (Sparkfun.com؛ رقم القطعة 12002) ليست على الأرجح أخف طريقة للعمل.
- **وصلات عبور (jumpers)** - تسمّى أيضاً "أسلاك". يملك الموقع Adafruit.com مجموعة جيدة (رقم القطعة 153).

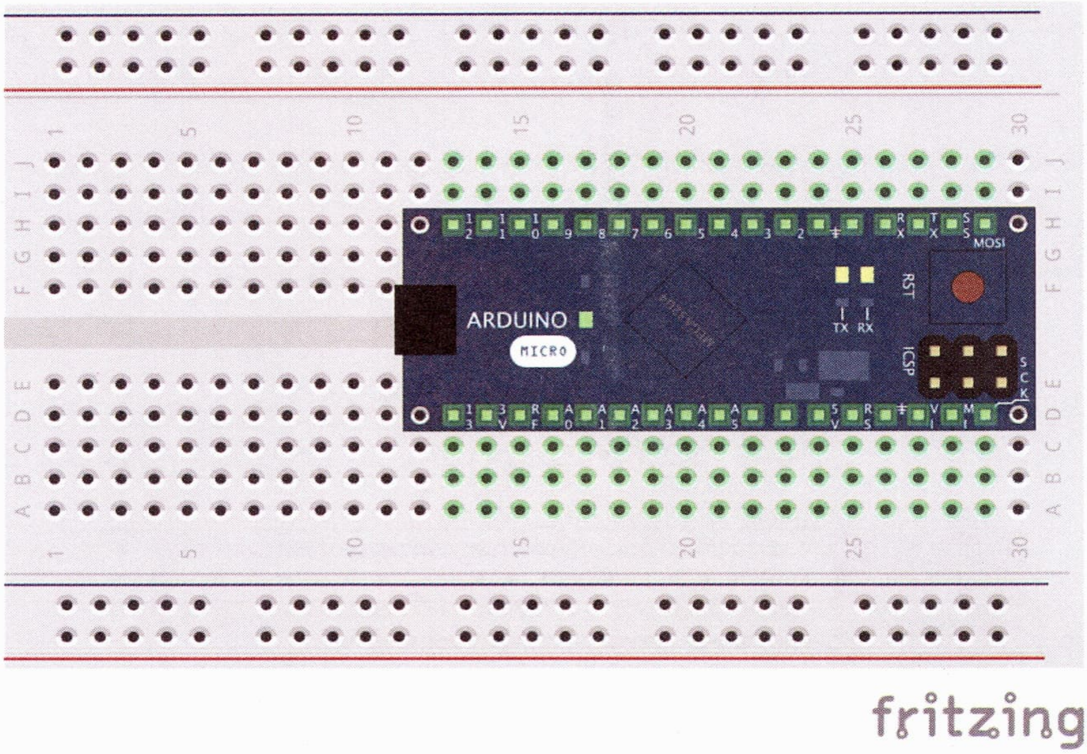
الخطوات لبناء صاروخ تجميع البيانات

بعدما تصبح لديك كل القطع المطلوبة، يمكنك بدء بناء المشروع. فقط نفّذ الخطوات التالية:

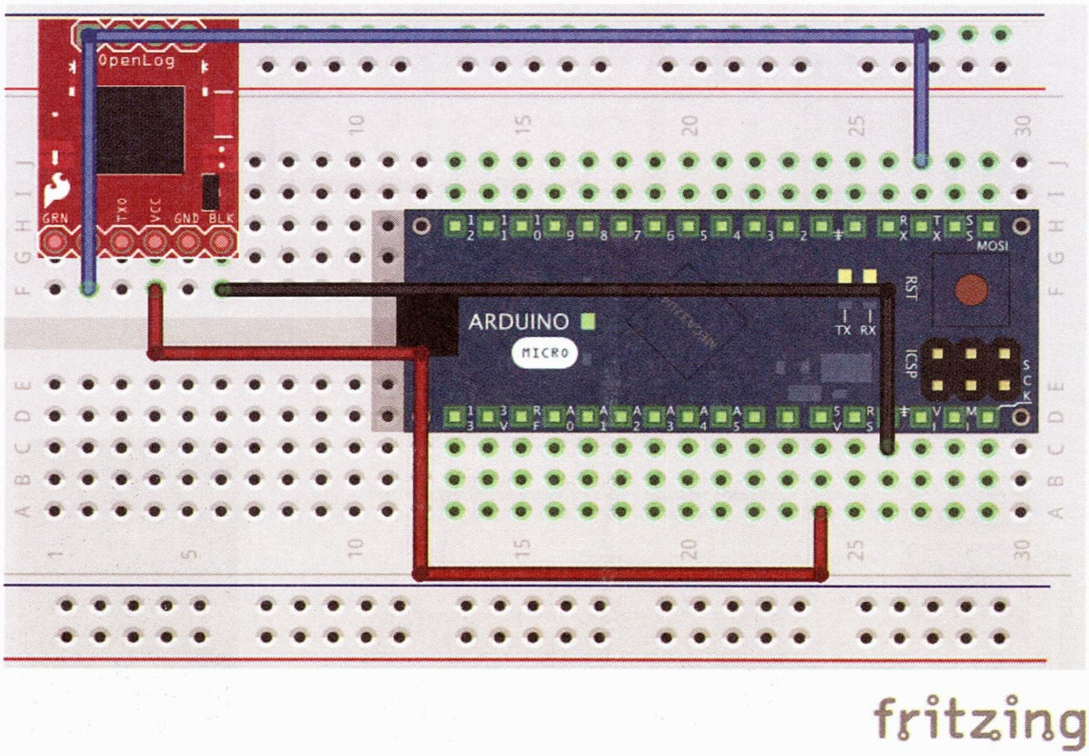
1. إبنِ الصاروخ. اتبع التعليمات التي أتت مع الصاروخ V2، وقم بتجميعه وطلائه كالمعتاد. يمكنك رؤية صاروخي أثناء عملي عليه في الشكل 5-12.
2. وصِّل بطاقة الأردوينو بلوحة تجاربك كما هو مبيَّن في الشكل 5-13.



الشكل 5-12 جمِّع الصاروخ ثم اطله!



الشكل 5-13 أدخِل دبابيس بطاقتك المايكرو في لوحة التجارب.



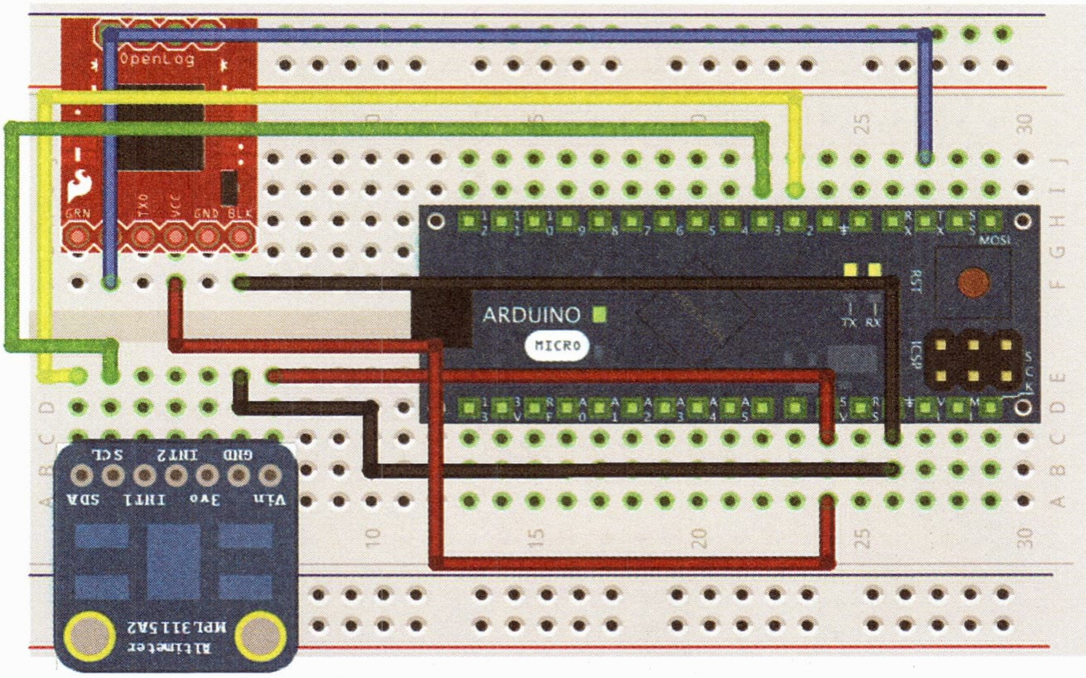
الشكل 5-14 ركّب مسجِّل البيانات ووصِّل أسلاكه.

3. أضف وحدة مسجِّل البيانات ووصِّل أسلاكها كما هو مبيَّن في الشكل 5–14. يجب توصيل الدبوس VCC بالدبوس 5V على الأردوينو، بينما يجب توصيل الدبوس BLK بتأريض المايكرو (لاحظ أن

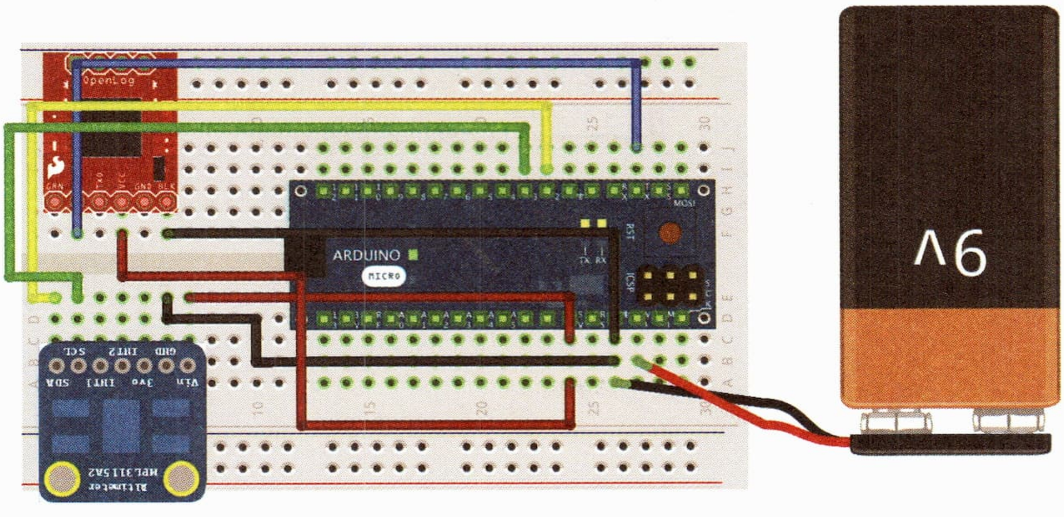
مسجِّل البيانات يحتوي على دبوسَين GND وBLK، لكن اترك الدبوس GND وشأنه!). أخيراً، وصِّل الدبوس RXI على مسجِّل البيانات OpenLog بالدبوس TX على الأردوينو.

4. أضف مقياس الارتفاع كما هو مبيَّن في الشكل 5-15. يجب توصيل الدبوس SDA على مسجِّل البيانات OpenLog بالدبوس 2 على المايكرو المبيَّن كسلك أصفر هنا. ويجب توصيل الدبوس SCL (السلك الأخضر) على مسجِّل البيانات OpenLog بالدبوس 3. ويجب توصيل سلك الطاقة والتأريض كما هو مبيَّن.

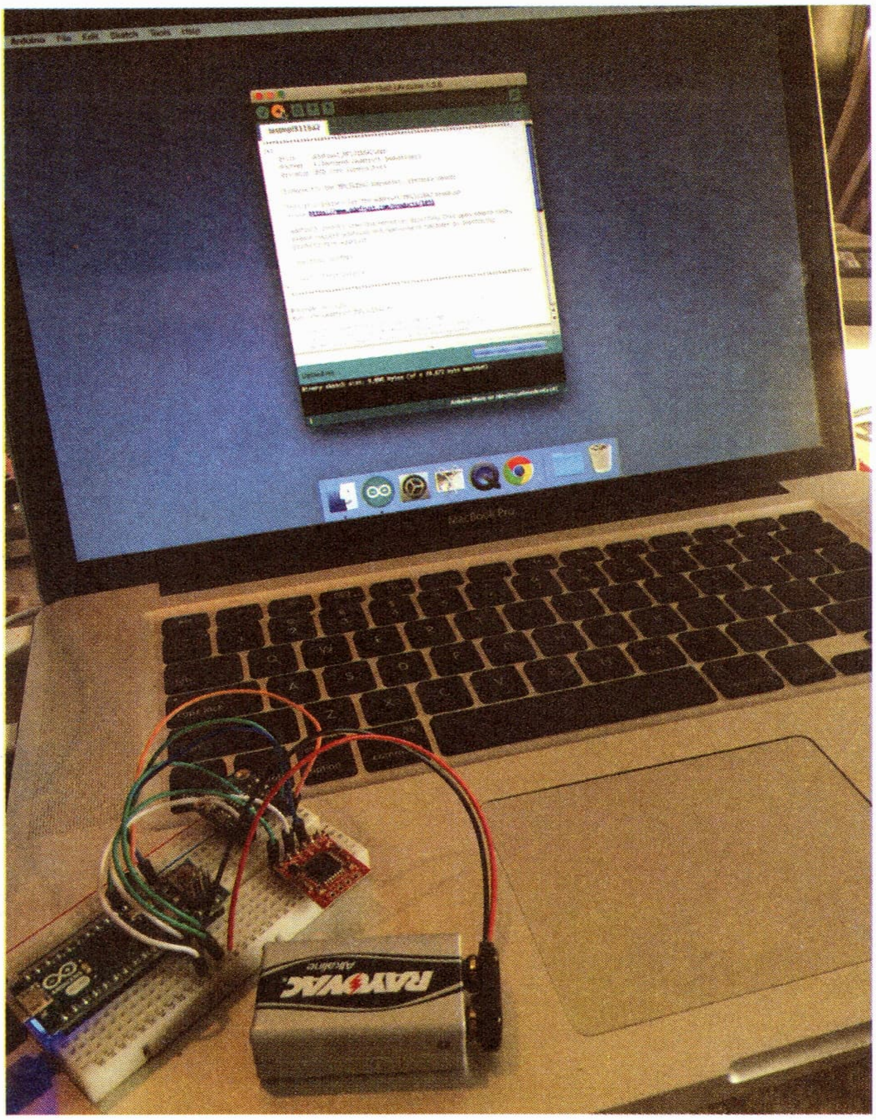
5. أضف البطارية. يجب توصيل الأسلاك بدبوس المايكرو المعلَّم كـ VI (اختصار Voltage In ومعناها الفولطية موجودة) وكذلك التأريض، كما هو مبيَّن في الشكل 5-16.



الشكل 5-15 أضف الآن مقياس الارتفاع ووصِّل أسلاكه.



الشكل 5-16 وصِّل أسلاك البطارية لكي تمدّ مشروعك بالطاقة.



الشكل 5-17 حمِّل المخطط إلى الأردوينو.

6. حمِّل مخطط أردوينو من القائمة Examples [أمثلة]، كما هو مبيَّن في الشكل 5-17. سأشرح هذه الخطوة بمزيد من التفاصيل في القسم التالي، "برمجة الحمولة".

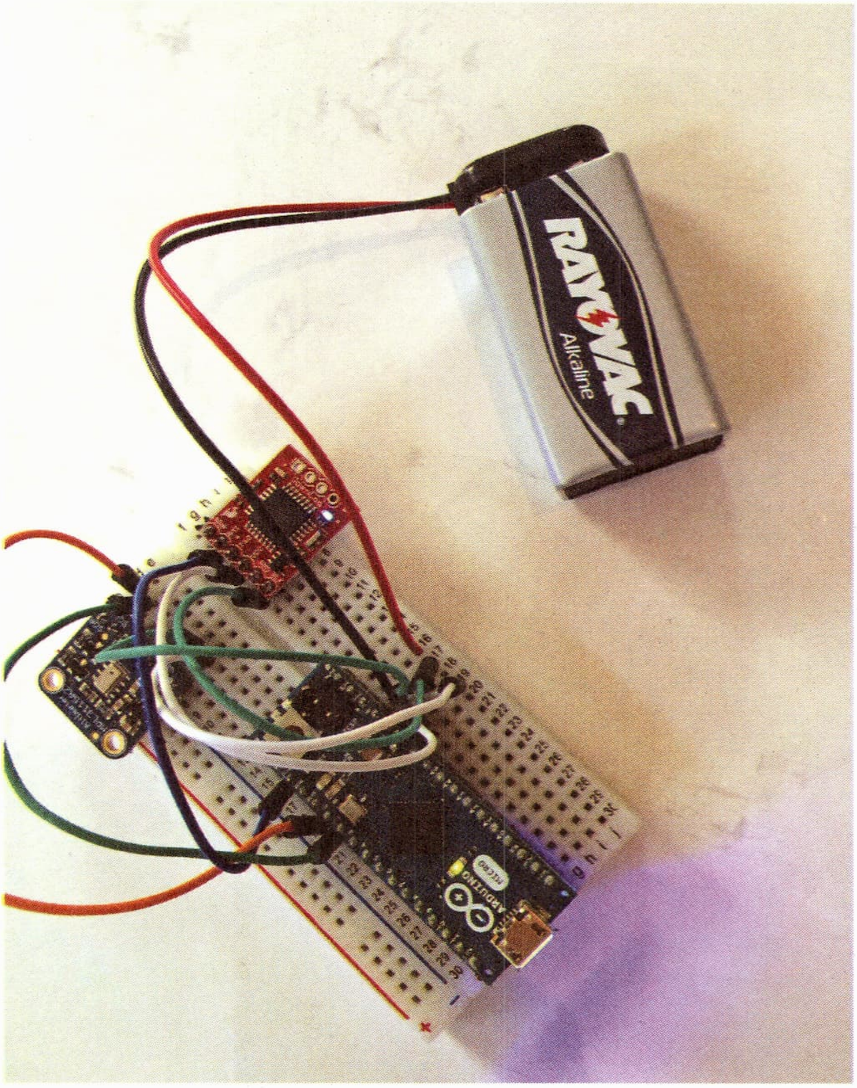
7. أضف الحمولة بحيث لا يفقد الصاروخ توازنه (راجع الشكل 5-18). الحل الذي اعتمدتُه بنفسي كان قصّ مخروط المقدمة ولصق لوحة التجارب هناك بالغراء الساخن.

8. عندما تصبح جاهزاً للإطلاق، شغِّل الأردوينو من خلال تنشيط البطارية أو توصيل أسلاكها (راجع الشكل 5-19). تبدأ الأردوينو الآن بأخذ قراءات من مقياس الارتفاع وتسجِّلها في مسجِّل البيانات، وستواصل فعل ذلك إلى أن تفرغ البطارية أو يتم إلغاء توصيلها.

9. بعدما يتم استرجاع مسجِّل البيانات، اقطع الطاقة عن الأردوينو وأدرِج البطاقة في قارئٍ لكي ترى الملفات.



الشكل 5-18 أضف الحمولة إلى الصاروخ.



الشكل 5-19 مدّ الأردوينو الطاقة لكي يبدأ تسجيل البيانات.

برمجة الحمولة

يجب أن تصدّقني عندما أقول لك إن هذه الشيفرة هي أبسط ما يمكن. فالشيفرة التي تحتاج إليها هي مجرد المخطط المثال من مقياس التسارع MPL3115A2 صنع شركة Adafruit. ويعمل مسجِّل البيانات بشكل سلس معه، لذا لست مضطراً إلى تعديل أي شيء. إليك ما عليك فعله:

1. نزّل مكتبة MPL3115A2 من عنوان الويب https://github.com/adafruit/Adafruit_MPL3115A2_Library. المكتبات عبارة عن شيفرة وظائف إضافية تكون مخزَّنة في ملف منفصل عن مخططك الرئيسي، مما يتيح لك إبقاء شيفرتك نظيفة وبليغة قدر الإمكان. انقر الزر Download Zip [تنزيل الملف المضغوط] على يمين الشاشة.

2. تقيّد بالإرشادات المذكورة في http://arduino.cc/en/Reference/Libraries لتثبيت المكتبة. والعملية بسيطة جداً: افتح المجلد Arduino في كمبيوترك وابحث عن المجلد الفرعي Libraries. الغ

ضغط المكتبة Adafruit (قد يتطلب هذا تغيير إسم المجلد، بناءً على نظام تشغيلك) ثم ضع المجلد داخل المجلد Arduino\Libraries.

3. أعد تشغيل برنامج بطاقتك الأردوينو وابحث عن المخطط testmpl3115a2 تحت File [ملف] ◄ Examples [أمثلة]. لكن دعنا نستعرض الشيفرة لنتأكد أننا نعرف ما الذي يجري:

```
//these are the libraries you need in order to run this sketch.
//The Wire.h one comes with Arduino so don't worry about it.

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MPL3115A2.h>

Adafruit_MPL3115A2 baro = Adafruit_MPL3115A2();

void setup() {
  //the next two lines establish the serial connection and begin with
  //a test message.
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Adafruit_MPL3115A2 test!");
}

void loop() {
  //this loop runs indefinitely as long as the Arduino is getting power.
  if (! baro.begin()) {
    Serial.println("Couldnt find sensor");
    return;
  }

  //the altimeter takes a barometric reading
  float pascals = baro.getPressure();
  Serial.print(pascals/3377);
  Serial.println(" Inches (Hg)");

  //the altimeter determines altitude
  float altm = baro.getAltitude();
  Serial.print(altm);
  Serial.println(" meters");

  //the altimeter has a little temperature sensor  in it. Why not?
  float tempC = baro.getTemperature();
  Serial.print(tempC);
  Serial.println("*C");

  delay(250);
}
```

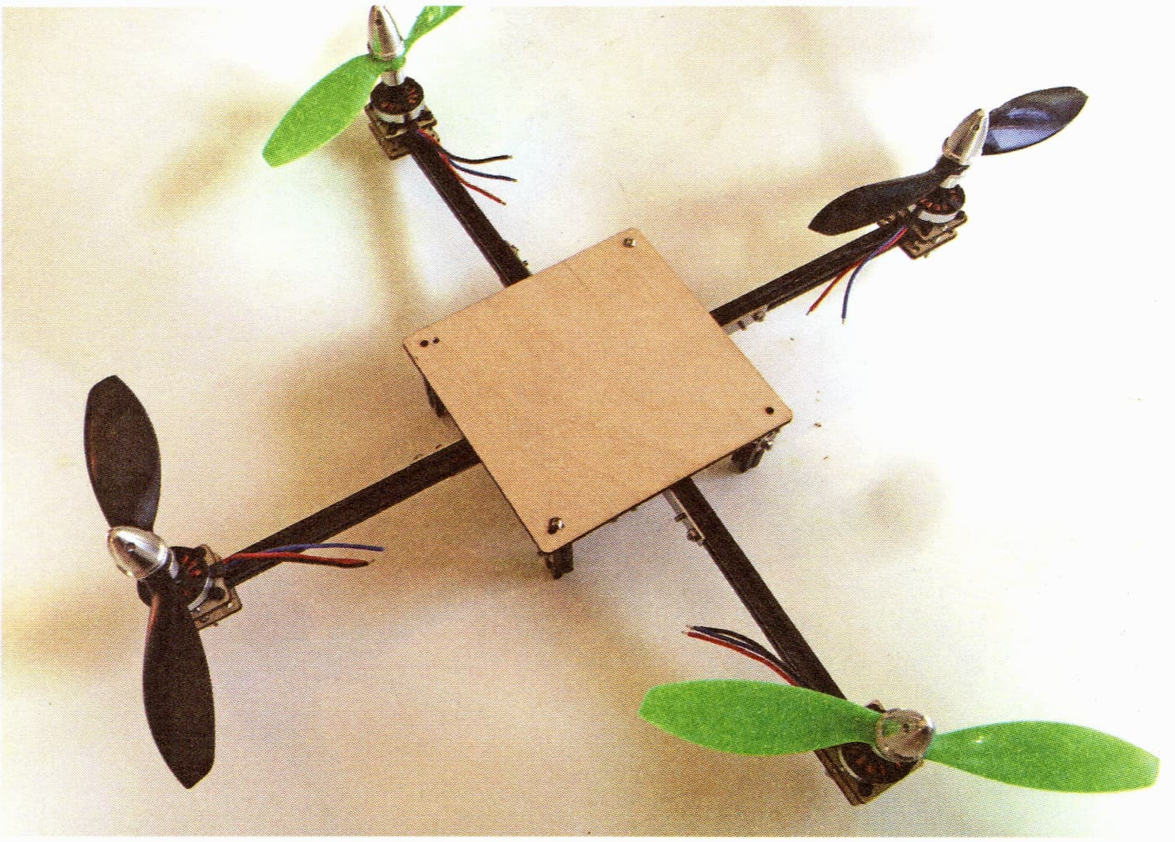
الخلاصة

لقــد قمــت في هذا الفصل المشوّق جداً ببناء طائرة صاروخية بدون طيّار تسجّل ارتفاعها وتسارعها خــلال الإطلاق. وستتابع مشروع الكوادكوبتر الرئيسي في الفصل 6 بانتقاء وإضافة محرّكات ومراوح إلى الهيكل الذي بنيته من قبل.

6

بناء كوادكوبتر، الجزء الثاني: المحرّكات والمراوح

الخطوة التالية في مشروعنا لبناء الكوادكوبتر (الشكل 6-1) هي تركيب المحرّكات والمراوح. سأرشدك في اختيار الاثنين، ثم سأضيف خياراتي إلى الطائرة بدون طيّار التي نبنيها. لقد بيَّنتُ لك في الفصل 4 كيفية بناء هيكل الطائرة من العوارض MakerBeam. وعند إضافة المحرّكات والمراوح وأجهزة التركيب للاثنين، سنكون قد قطعنا شوطاً جيداً للتحليق في الهواء.



الشكل 6-1 ستقوم في هذا الفصل بإضافة المحرّكات والمراوح إلى كوادكوبترك.

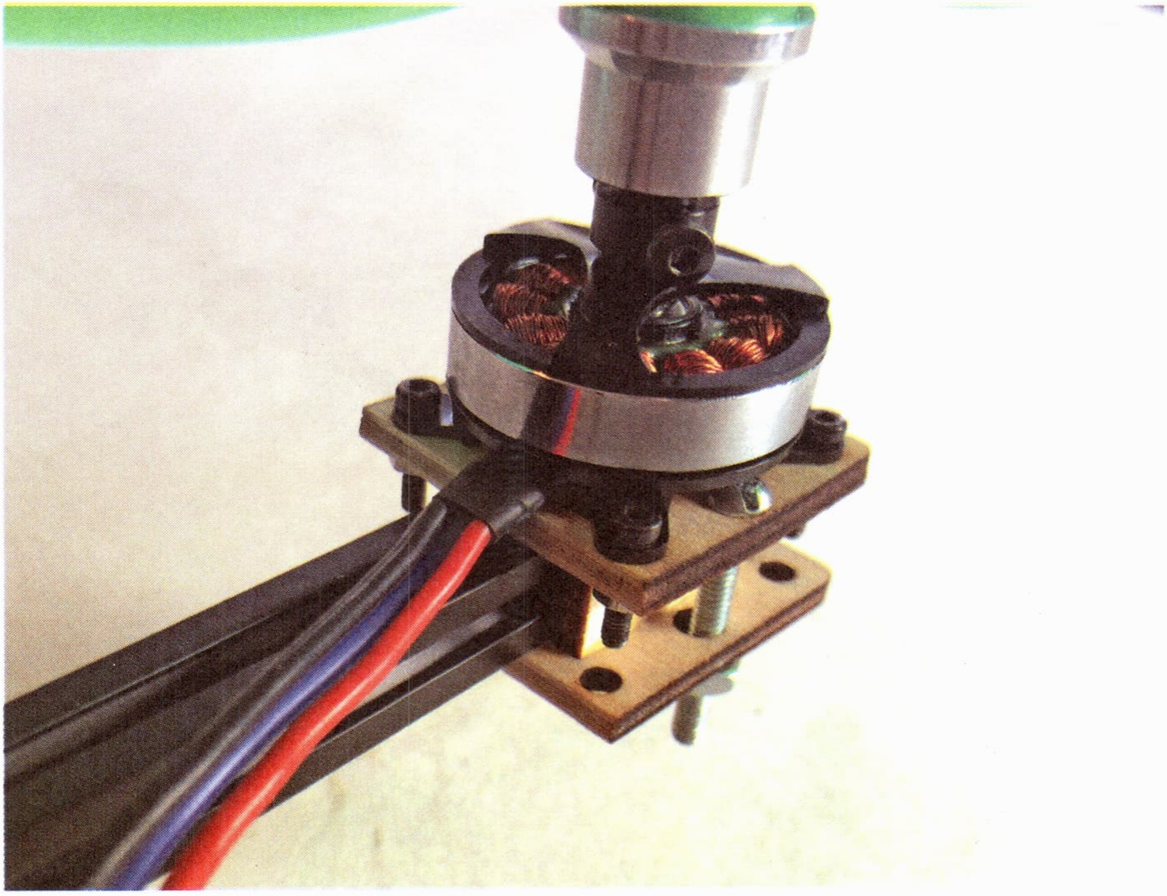
اختيار المحرّكات

عند شراء محرّكات الكوادكوبتر، لديك عشرات (إن لم نقل مئات) النماذج لتختار منها. لذا فإن هناك عدة طرق لتصنيف محرّكات التيار المستمر. دعنا نفحص الخيارات المتوفرة.

الخارجي الدوران مقابل الداخلي الدوران

سترى المصطلحين **خارجي الدوران** (outrunner) و**داخلي الدوران** (inrunner) في عالم التحكم اللاسلكي في أغلب الأحيان، ويشيران إلى التصميم المادي لعلبة المحرّك. فالمحرّك الخارجي الدوران (كما هو مبيَّن في الشكل 6-2) يبرم العلبة بأكملها؛ لا يوجد شيء يدور بالمعنى التقليدي، بل تكون المروحة مثبَّتة بالعلبة. لذا فالمحرّك الخارجي الدوران يُستخدَم في الكوادكوبترات في أغلب الأحيان لأن لديه القدرة على تشغيل المراوح الكبيرة بشكل جيد جداً. أما في الجانب السلبي، فالمحرّك الخارجي الدوران يأتي تقريباً دائماً من دون علبة تروس، مما يحدّ من قدرتك على توفير السرعة والعزم الملائمين لمشروعك.

والمحرّك الداخلي الدوران هو المحرّك الكلاسيكي الذي يخطر على بالنا عندما نسمع الكلمة. هناك حلقة من المغنطيسات الكهربائية التي تبرم قضيباً حديدياً. ويأتي المحرّك الداخلي الدوران مع علبة تروس في أغلب الأحيان، لذا سيكون لديك الكثير من الخيارات بالنسبة لعدد الدورات بالدقيقة والعزم.

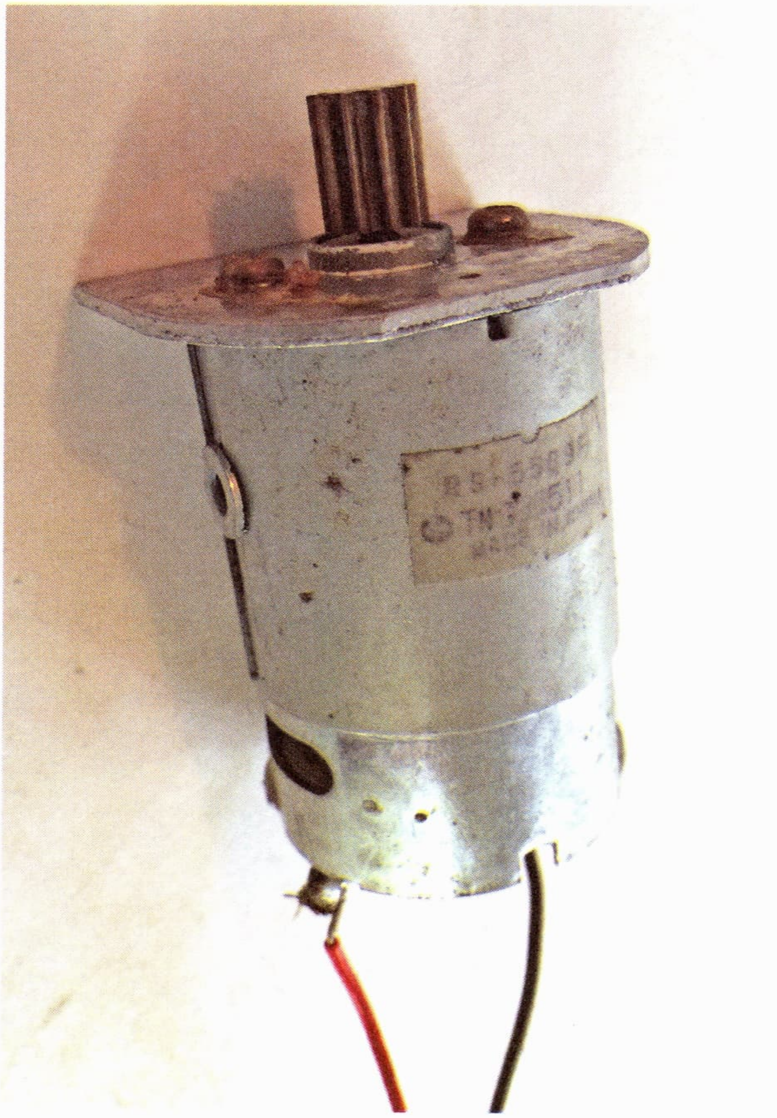


الشكل 6-2 للمحرّكات الخارجية الدوران قاعدة ثابتة يبرم الغطاء بأكمله حولها.

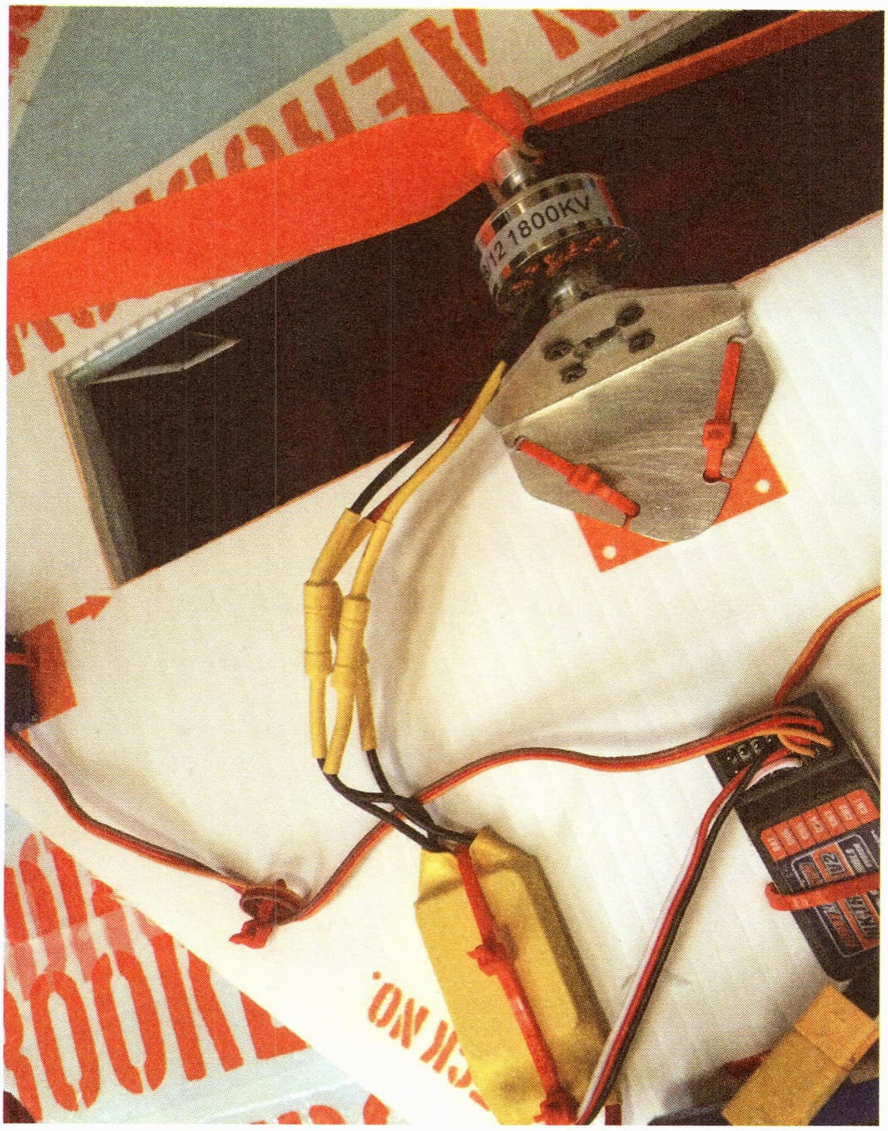
الذي يحتوي على مقابل الذي لا يحتوي على مبدّلات كهربائية

الأرجح أنك ستسمع المصطلحَين brushed (الذي يحتوي على مبدِّلات كهربائية) وbrushless (الذي لا يحتوي على مبدِّلات كهربائية) أثناء التسوّق لشراء المحرّك، وهما يشيران إلى طريقة مدّ الملفات المغنطيسية داخل المحرّك بالطاقة. فالمحرّك الذي يحتوي على مبدِّلات كهربائية يستخدم مبدِّلات كهربائية معدنية صغيرة تلمس الملفات الملفوفة حول الدوّار – وهو الجزء الذي يدور في المحرّك. أما في المحرّك الذي لا يحتوي على مبدِّلات كهربائية، فالملفات هي التي تكون ساكنة، لذا لا حاجة إلى أي مبدِّل كهربائي.

هناك فوائد للنوعين. فالمحرّكات التي لا تحتوي على مبدِّلات كهربائية تبدِّد الحرارة بشكل أفضل وبالتالي يمكن بناؤها بشكل مضغوط أكثر. من جهة أخرى، لا يمكنك مجرد توصيلها بالطائرة؛ فهي تحتاج إلى أنظمة تحكم معقَّدة نسبياً. بالمقابل، يمكن تشغيل المحرّكات التقليدية القديمة التي تحتوي على مبدِّلات كهربائية (كالمحرّك المبيَّن في الشكل 6–3) بواسطة بطارية فقط ولا تحتاج إلى متحكم. أما سيئتها فهي أن تلك المبدِّلات كهربائية تتآكل (أو تصبح بالية).



الشكل 6-3 محرّك يحتوي على مبدّلات كهربائية، يمكن التعرّف عليه من خلال السلكَين.



الشكل 6-4 محرّك يعمل بالتيار المتناوب مع متحكم السرعة المطابق له.

التيار المتناوب مقابل التيار المستمر

أنت تعرف الفرق بين التيار المتناوب والتيار المستمر، أليس كذلك؟ التيار المتناوب هو الأكثر شيوعاً في المقابس الجدارية في المنازل، لكن بعض إلكترونيات الهواة تستخدمه، والعديد من محرّكات الطائرات بدون طيّار تعمل بالتيار المتناوب. بالمقابل، تعمل البطاريات ومعظم المستشعِرات الإلكترونية والوحدات الأخرى على التيار المستمر.

والنقطة الرئيسية التي يجب أن تعرفها هي أن عليك أن تطابق بين متحكماتك الإلكترونية بالسرعة وبين المحـرّك. فـإذا كان المحرّك يعمل بالتيار المتناوب، كالمبيِّن في الشكل 6-4، ستحتاج إلى متحكم إلكتروني بالسرعة يعمل بالتيار المتناوب. ألا تعرف أي شيء عن المتحكمات الإلكترونية بالسرعة؟ لا تقلق، ستتعلّم كل شيء عنها في الفصل 8.



الشكل 6-5 تُصنَع المراوح الاعتيادية والدافعة بحيث تدور عكس بعضها البعض.

لـذا لا بدّ أنك تتساءل كيف تستطيع بطارية تيار مستمر أن تشغِّل محرّك تيار متناوب. الجواب هو أن المتحكمات الإلكترونية بالسرعة تحتوي على عاكسات تترجم الفولطية الخام للبطارية إلى إشارة ثلاثية المراحل تقول للمحرّك ما هي السرعة التي عليه أن يدور بها.

اختيار المراوح

المراوح رخيصة وتتحطّم في أغلب الأحيان، لذا ستتسنّى لك فرصٌ كثيرةٌ لتجربة أنواع مختلفة منها. في غضون ذلك، إليك بعض التلميحات الأساسية لاختيار المراوح كوادكوبترك:

- تُقاس المراوح على أساس القطر ودرجة الانحدار. وتشير درجة الانحدار إلى زاوية شفرة المروحة. المراوح التي أستخدمها في هذا الكتاب هي 7×3.8.
- سترى في أغلب الأحيان نوعين من المراوح تُباع في طقم واحد. إنها المراوح الاعتيادية و"الدافعة"، كما هو مبيَّن في الشكل 6-5. الدافعات مصنوعة بحيث تدور بعكس اتجاه عقارب الساعة، بينما تدور المراوح الاعتيادية باتجاه عقارب الساعة. هذه العلاقة المتعاكسة تساعد في الحفاظ على توازن الكوادكوبتر.

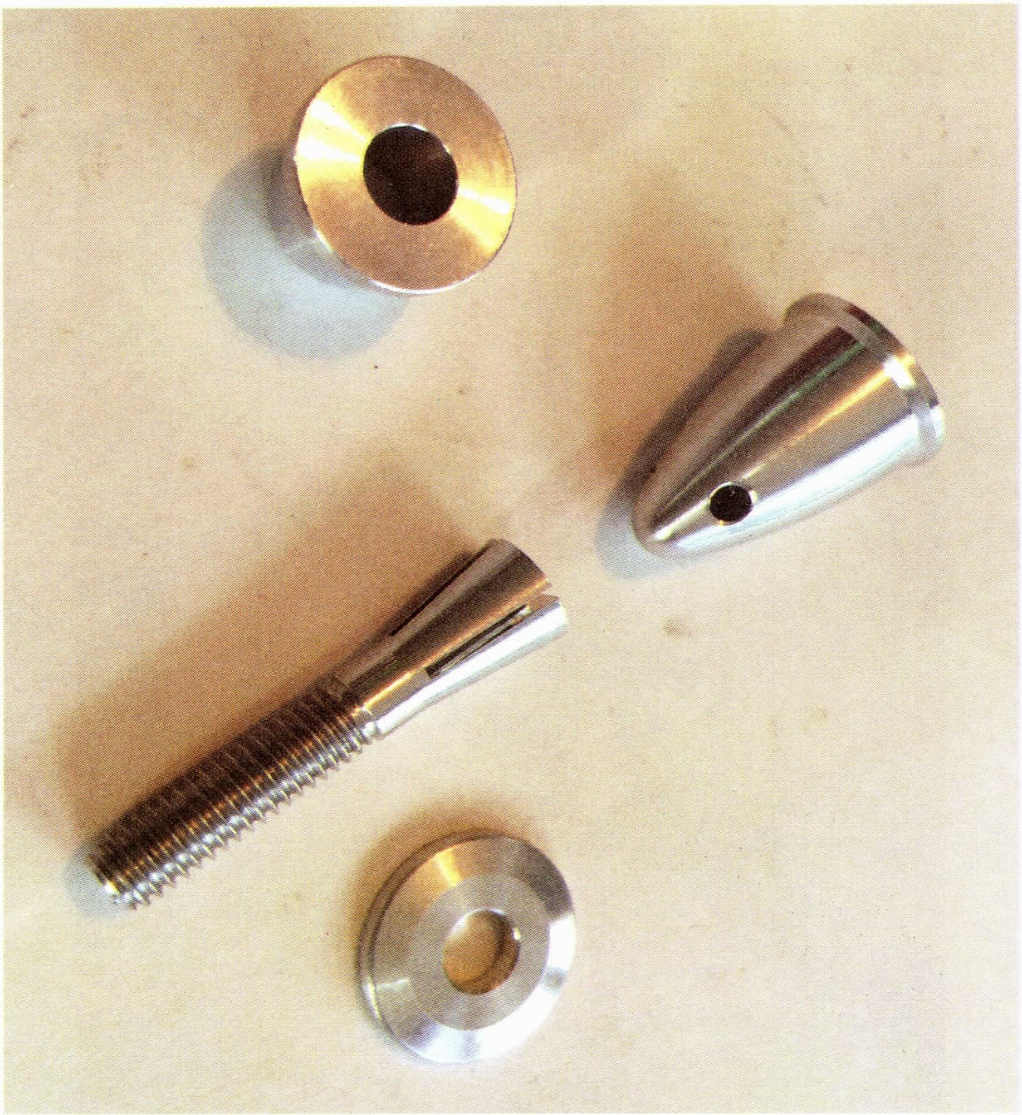
- تأكد من شراء مراوح بطيئة الطيران، التي تُستخدَم للطائرات الكهربائية التي تطير على ارتفاع منخفض مثل الكوادكوبترات. قارن هذا بالمراوح الأصغر المستخدَمة للطائرات السريعة الحركة.
- قد تريد جعل مروحتين متجاورتين بلونين مختلفين. سيساعدك هذا على تمييز مقدمة الكوادكوبتر، وهو أمرٌ مفيدٌ للقيادة! لكن المُربك في المسألة هو أن العديد من المراوح الدافعة تُعطى لوناً مختلفاً، وهذا أمر لا يساعد لأنها تُركَّب قطرياً بالنسبة لبعضها البعض.

مهايئات المراوح

هناك ناحية أخرى في المراوح عليك التفكير بها عند اختيار المجموعة، هي الطريقة التي ستركّبها بها. ستجد في أغلب الأحيان النوع الصحيح من المهايئات يُباع مع المراوح، لكن تأكد من حصولك على النوع الصحيح من المراوح للمعدات والمعدات الصحيحة للمحرّك. القياس ذو الصلة هو قطر الجزء الدوّار في المحرّك، لذا تحقّق جيداً من هذه المسألة قبل أن تشتري.

لكن قبل أن تشتري أول شيء تراه، انتبه إلى أن هناك مدرستين فكريتين عندما تتعلق المسألة بتوصيل مروحة بمحرّكٍ: الأطواق (collets) وواقيات المراوح (prop savers):

- الأطواق مشابك معدنية تشبه المخاريط - يمكنك رؤية مثال عنها في الشكل 6-7 في القسم التالي. هذه المهايئات آمنة جداً، ويمكنك أن تكون أكيداً أن مروحتك لن تسقط عن عمود المحرّك. المفاجئ أن هذا ليس بالضرورة شيئاً جيداً! فقد تبيَّن أن الكوادكوبترات تحطّم المراوح طوال الوقت. فكِّر بالمسألة - فالمراوح عبارة عن قطعة بلاستيكية رفيعة تدور بسرعات كبيرة. وإذا أصابت المروحة رصيفاً أو جداراً، فستنكسر. وقد توقف العديد من نزهات الطيران على متن طائرة بدون طيّار فجأة عندما لم تعد هناك مراوح لدى الطيّار! لقد استخدَمتُ هذه الطريقة لمشروع الكوادكوبتر في هذا الكتاب.
- واقيات المراوح (المبيَّنة في الشكل 6-6) هي طريقة أخرى لربط المروحة - وإسمها هذا ينطبق حقاً على وظيفتها - فالفكرة هي تجنّب إضرار عدد كبير من المراوح في حوادث التحطّم. وطريقة عملها هي أن المروحة تُثبَّت بواسطة رباط مطاطي فقط، مع الاتكال على الاحتكاك والتسارع لإبقائها في مكانها. لكن إذا تحطّمت الكوادكوبتر، ستسقط المروحة بكل بساطة ويمكن إعادة توصيلها. إذا اعتمدت هذه الطريقة، ستحتاج إلى الكثير من الرباطات المطاطية، وتأكد من فحص المراوح قبل كل رحلة.



الشكل 6-6 مهايئات المراوح تربط المروحة بالمحرّك.

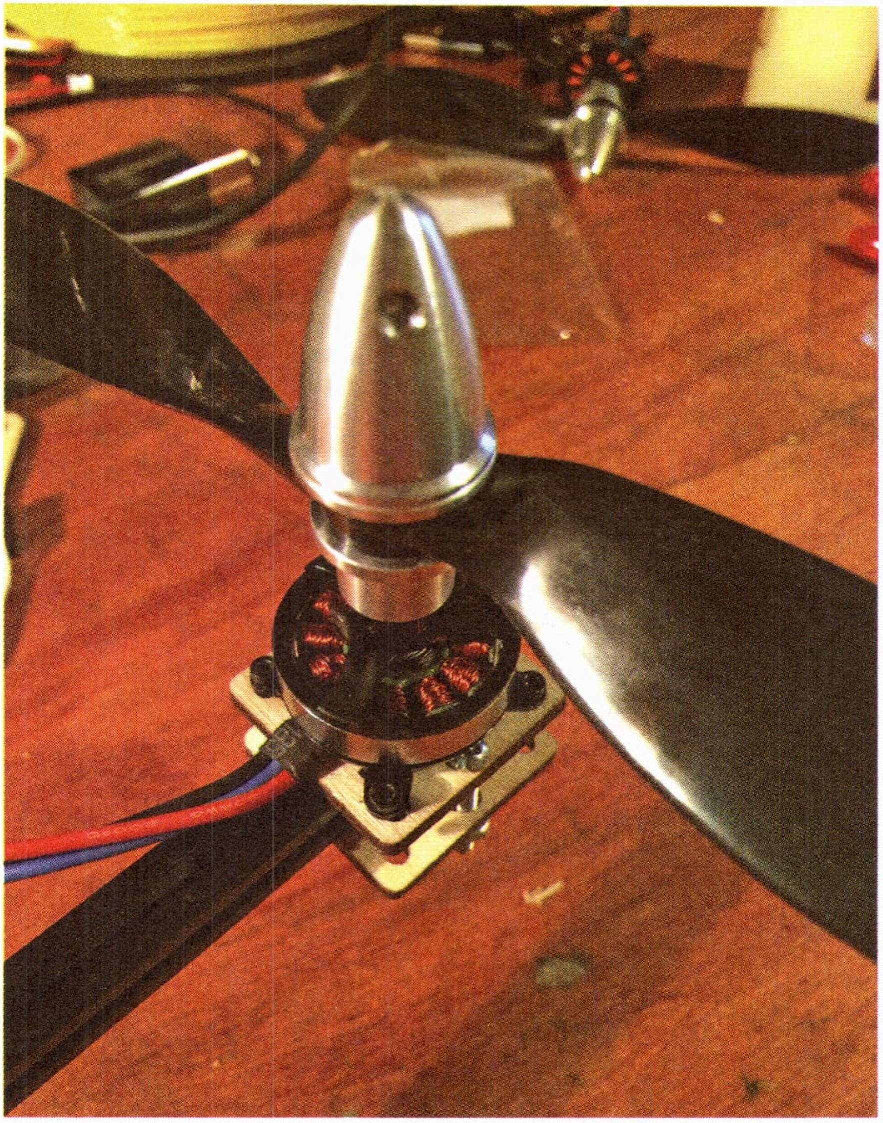
المشروع الثالث: توصيل المراوح والمحرّكات

في هـــذا القسم التالي من مشروع الكوادكوبتر، ستهتم بمسألة إضافة المحرّكات والمراوح، كما هو مبيَّن في الشكل 6-7، حيث ستحصل كل ذراع للكوادكوبتر على محرّك ومروحة والمعدات الملائمة لتركيبهما. لذا دعنا نبدأ العمل ولا نضيّع مزيداً من الوقت.

القطع

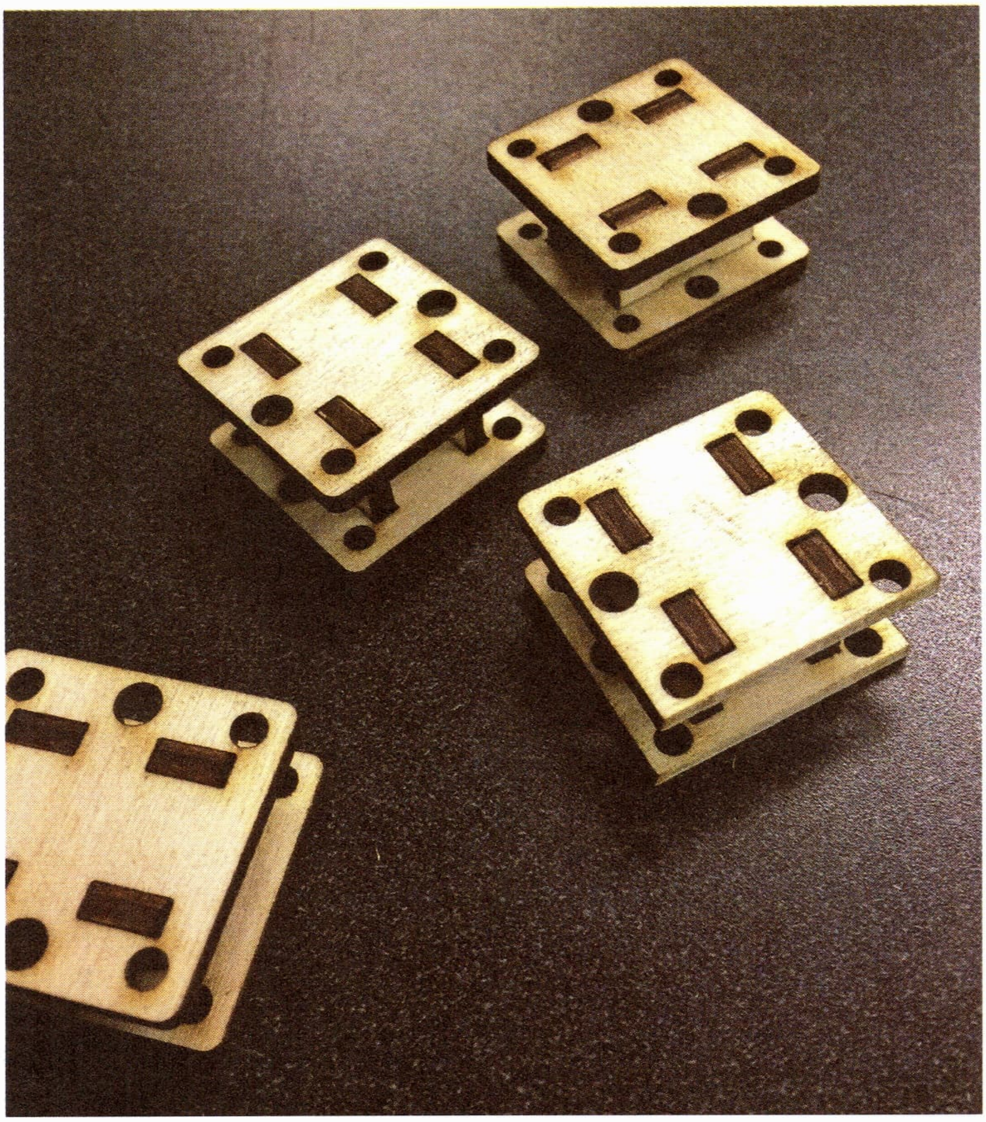
ستحتاج إلى بضع قطع فقط لهذه الخطوة في المشروع:

- **أربعة محرّكات** - استخدمتُ محرّكات Hobby King قوتها 1400 كيلوفولط لا تحتوي على مبدِّلات كهربائية (رقم القطعة 2205C-1400).



الشكل 6-7 ستقوم بتوصيل المحرّكات والمراوح بكوادكوبترك.

- **أربع مراوح** – استخدمتُ مراوح Turnigy كهربائية بطيئة 7×3.8 (Hobbyking.com؛ رقم القطعة 9329000203-0). ستريد مروحتين دافعتين أيضاً (رقم القطعة 9329000206-0).
- **أربعة مهايئات مراوح** – استخدم مهايئ مروحة Hobby King "نوعه طوق" للدوّارات 3 ملم (Hobbyking.com؛ رقم القطعة GON-D3T6).
- **صفائح تركيب** – يمكنك إما قصّ بالليزر صفائح التركيب التي صمَّمتُها بنفسي (http://www.thingiverse.com/jwb/designs) أو طباعة بالأبعاد الثلاثية بعض العروات المرادفة (http://www.thingiverse.com/thing:198878). الصفائح المقصوصة بالليزر مصنوعة من ألواح خشب رقائقي سماكتها 3 ملم وتحتاج إلى براغي 4# (1.9 سم) وعزقات لشدّها.

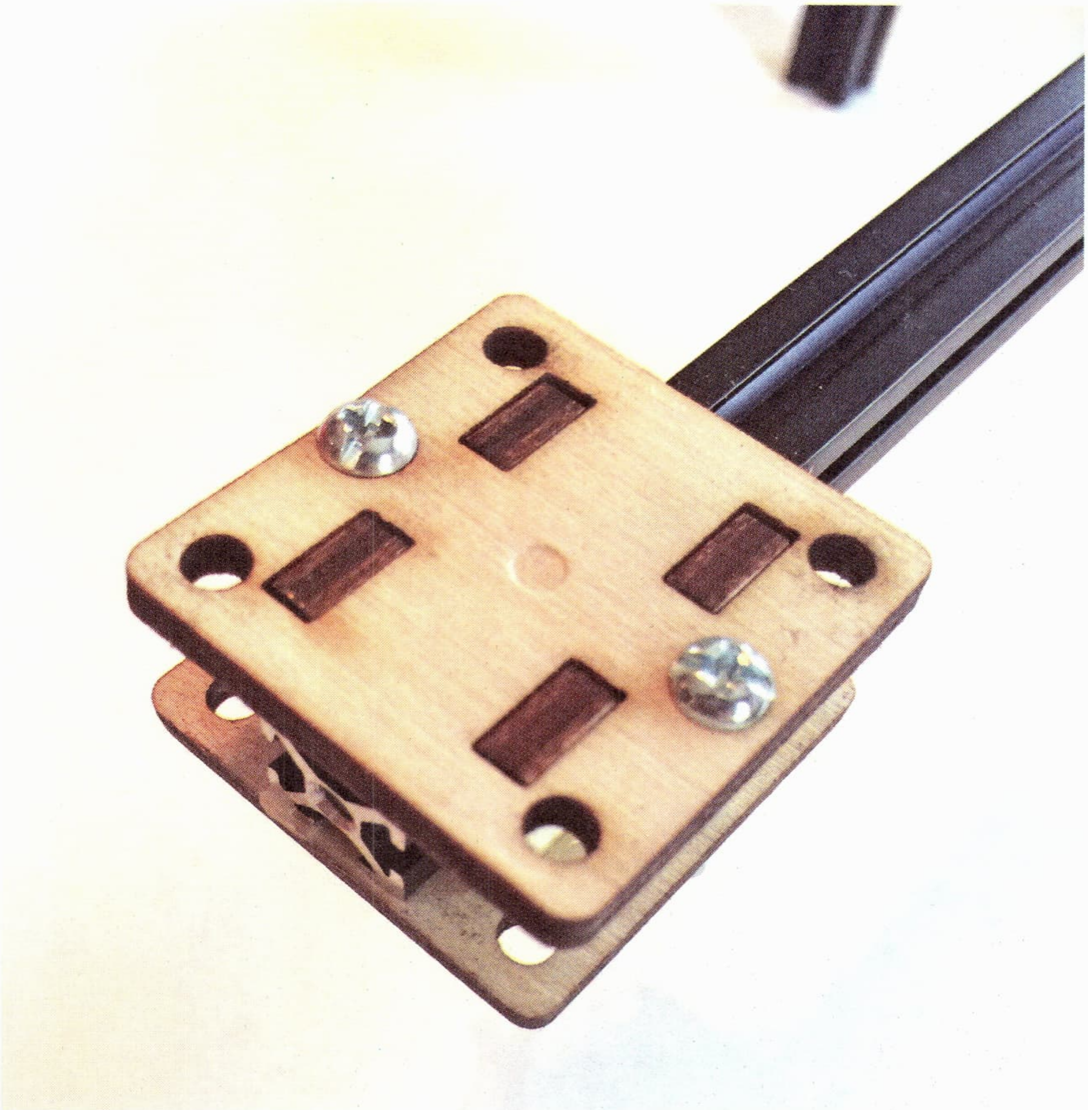


الشكل 6-8 قصّ صفائح تركيب المحرّكات باستخدام أداة قصّ بالليزر.

خطوات توصيل المراوح والمحرّكات

نفّذ الخطوات التالية لتوصيل المحرّكات والمراوح بهيكل كوادكوبترك:

1. اطبع أو قصّ بالليزر صفائح تركيب المحرّكات. لقد ذكرتُ طريقتين مختلفتين في لائحة القطع لتصنيع هذه الصفائح للمحرّكات. ولأن طابعتي الثلاثية الأبعاد لم تكن تعمل عندما عملتُ على هذه الخطوة، قرّرتُ قصّها بالليزر. يمكنك رؤية ما توصّلتُ إليه في الشكل 6-8. إذا لم يكن لديك وصول إلى أداة قصّ بالليزر، أقترح عليك تصنيع صفائح مشابهة باستخدام خشب رقائقي سماكته 3 ملم، ثم قصّها وثَقبها لكي تطابق النمط الذي تراه هنا. أخيراً، يمكنك شراء صفائح تركيب المحرّكات عبر الانترنت – فقط تأكد أنها متوافقة مع عارضة عرضها 1 سم.

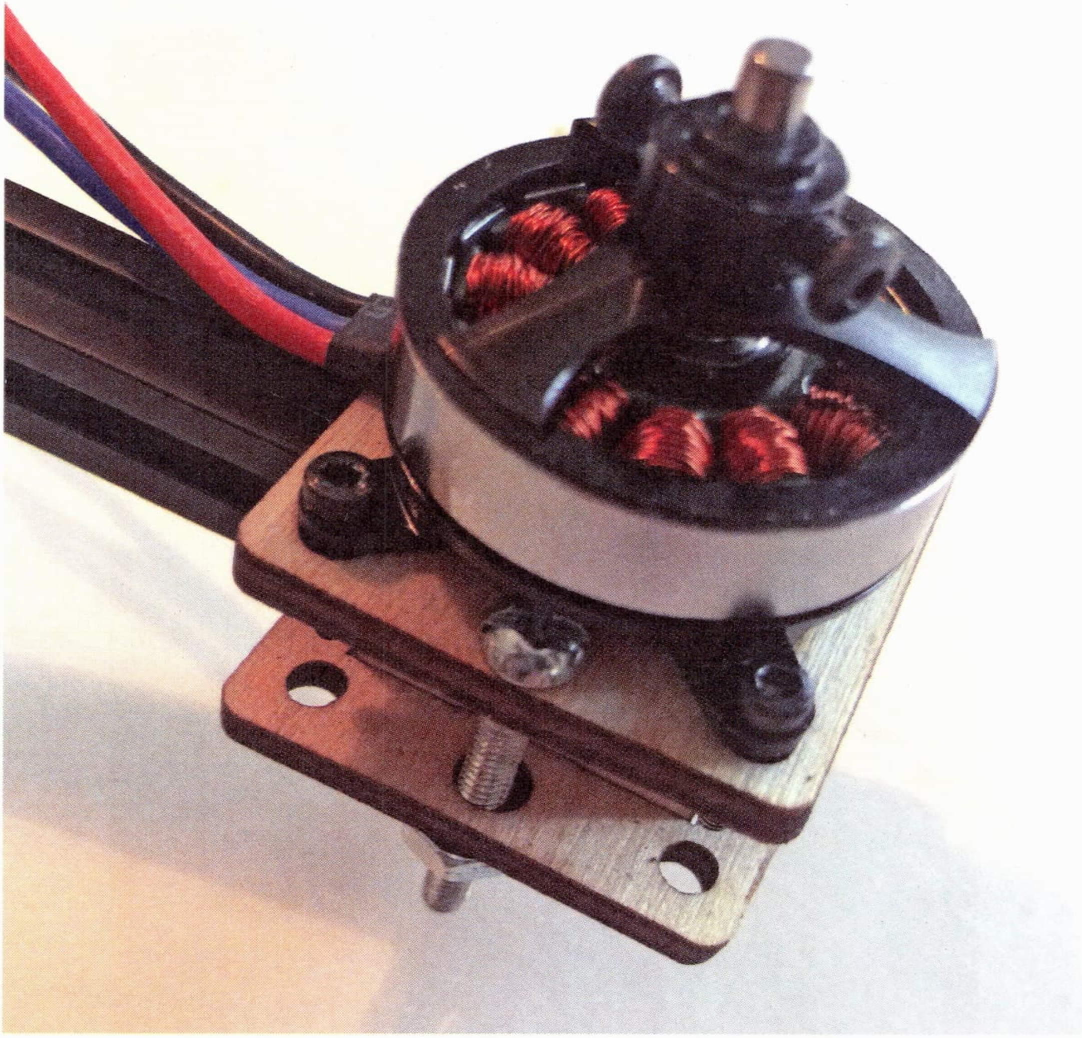


الشكل 6-9 وصِّل صفائح تركيب المحرّكات بالأذرع.

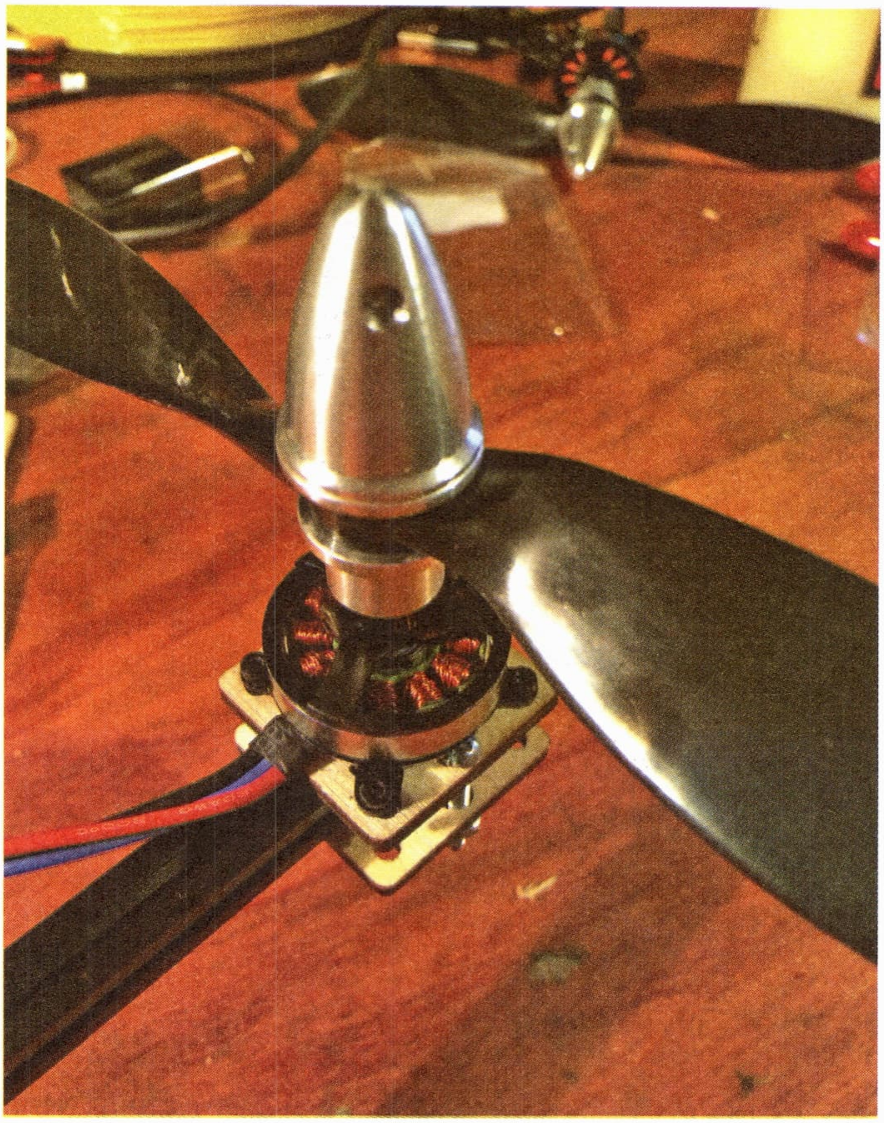
2. وصِّل صفائح تركيب المحرّكات بالأذرع، كما هو مبيَّن في الشكل 6-9. لقد وصَّلت القطع الخشبية ببعضها باستخدام براغي 4# للشدّ. إذا كنت بحاجة إلى احتكاك أكثر، حاول وضع قطعة شريط مزدوج الجوانب بين الخشب والمعدن.

3. وصِّل المحرّكات بصفائح التركيب باستخدام براغي وعزقات M2، مبيَّنة في الشكل 6-10. إذا لم تكن تستطيع الحصول على عزقات تثبيت، تأكد من استخدام شيء مسنّن للمساعدة على تثبيت تلك المحرّكات.

4. وصِّل المراوح بالمحرّكات باستخدام مهايئات المراوح. يمكنك رؤية كيفية تنفيذ هذا في الشكل 6-11. كل ما ستفعله هو تركيب أسنان المروحة على الجهاز أثناء توصيلك الطرف الأنثوي للمهايئ بمحور المحرّك. شدّ المروحة إلى أن تشعر أنها أصبحت ثابتة، ولكن لا تُفرط في شدّها وإلا ستجد صعوبة في فكّها إذا تحطّمت. تأكد من استخدام المراوح الصحيحة، مع وضع الدافعتين عكس بعضهما البعض، والمروحتين الاعتياديتين عكس بعضهما البعض.



الشكل 6-10 وصِّل المحرّكات بصفائح التركيب.



الشكل 6-11 وصِّل المراوح.

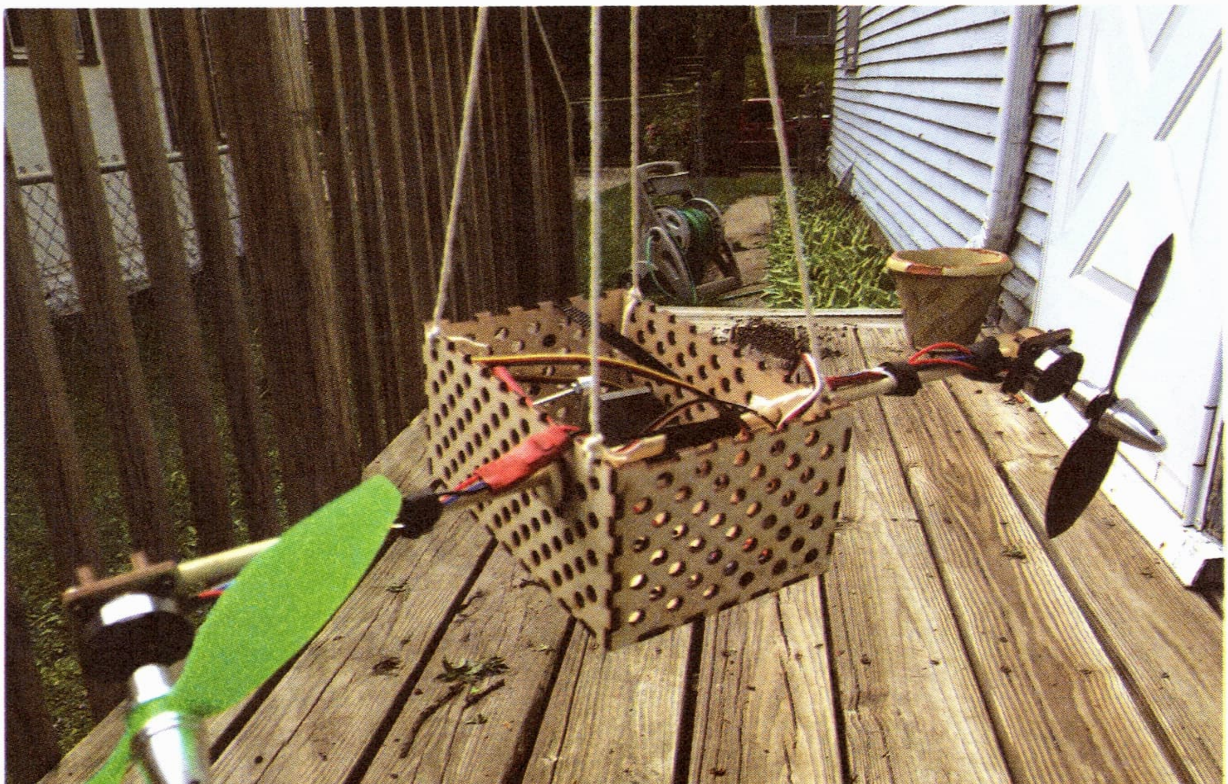
الخلاصة

لقــد أحرزتَ تقدّماً مهماً جداً في مشروع الكوادكوبتر، وتعلّمتَ عن المحرّكات والمراوح وإضافتها إلى هيكل الطائرة بدون طيّار. ستضع هذه المعرفة قيد الاختبار في الفصل 7 ببناء طائرة بدون طيّار من بالونات ومحرّكَين ومؤازِر، واستخدام طريقتين مختلفتين للتحكم بها.

7

مشروع منطاد بيضوي بدون طيّار

سنناقش تكنولوجيا التحكم اللاسلكي في هذا الفصل، والتي تتيح لك التحكم بالمركبات عن بُعد باستخدام متحكم لاسلكي محمول باليد. بعد ذلك، ستبني منطاداً بيضوياً بدون طيّار يستخدم هذه التكنولوجيا ليطير في الأجواء (راجع الشكل 7-1). أخيراً، سأبيِّن لك كيفية جعل المنطاد البيضوي يعمل بشكل مستقل باستخدام بطاقة أردوينو كدماغٍ له.



الشكل 7-1 ستبني منطاداً بيضوياً بدون طيّار في هذا الفصل.

التحكم اللاسلكي

يتــضمن الــتحكم اللاسلكي النموذجي ثلاثة مكوّنات رئيسية هي: مرسِل (transmitter) ومستقبِل (receiver) ومتحكم سرعة (speed controller) لكل محرّك. دعنا نناقش كلَ مكوّن من هذه المكوّنات.

المرسِلات

يتألف نظام التحكم اللاسلكي من متحكم محمول باليد (كالجويستيك أو البدّالة المبيَّن في الشكل 7-2) يتــضمن مرسِــلاً يرسل الإشارات إلى المجسَّم. باستخدام المتحكم، يمكنك قيادة المجسَّم، وتعديل السرعة والرفاريف، وتشغيل المحرّكات المؤازِرة، الخ.

بالطــبع أن ليست كل المرسلات متشابهة، علماً أن بعض الهواة المبذّرين يشترون قطعاً ومعداتٍ تصل كلفتها إلى عدة آلاف من الدولارات لا تستحق على الأرجح كل هذه المبالغ لكنها تبدو مؤثّرة.

لكن ومع ذلك، تقدِّم المرسلات المتطورة أكثر ميزات أفضل، من بينها قنوات أكثر (عدد المحرّكات أو القطع الكهربائية الأخرى التي يمكن التحكم بها) ووظائف إضافية أنيقة مثل شاشات عرض بالبلّور السائل (LCD) وهوائيات كبيرة.

لكـــنك لن تحتاج في معظم الأوقات إلى صرف الكثير من المال للحصول على شيء سيقود مروحيتك الكوادكوبتر، حيث يمكنك شراء مرسِل/مستقبِل أساسي لما دون 25$.

المستقبلات

يحـــتاج المجـــسَّم إلى مستقبِل لكي يلتقط الإشارات اللاسلكية ويفسِّرها. ويبيِّن الشكل 7-3 مستقبلاً بسيطاً نموذجياً يتألَّف من سلسلة نقاط تلامس للتحكم بالمحرّكات، وإدخالٍ لمدّ المستقبِل بالطاقة، إلى جانب هوائي من أحد الأنواع لالتقاط الإشارات.

مـــثلما ذكرنا، ستجد المستقبلات تأتي مع مرسلات في أغلب الأحيان، وذلك لسبب واضح: لا حاجة للعبث بها لكي تعمل، وبالتالي يمكنك أن تكون مطمَئناً أن هذه التركيبة التي اشتريتها ستعمل "فور إخراجها من العلبة".

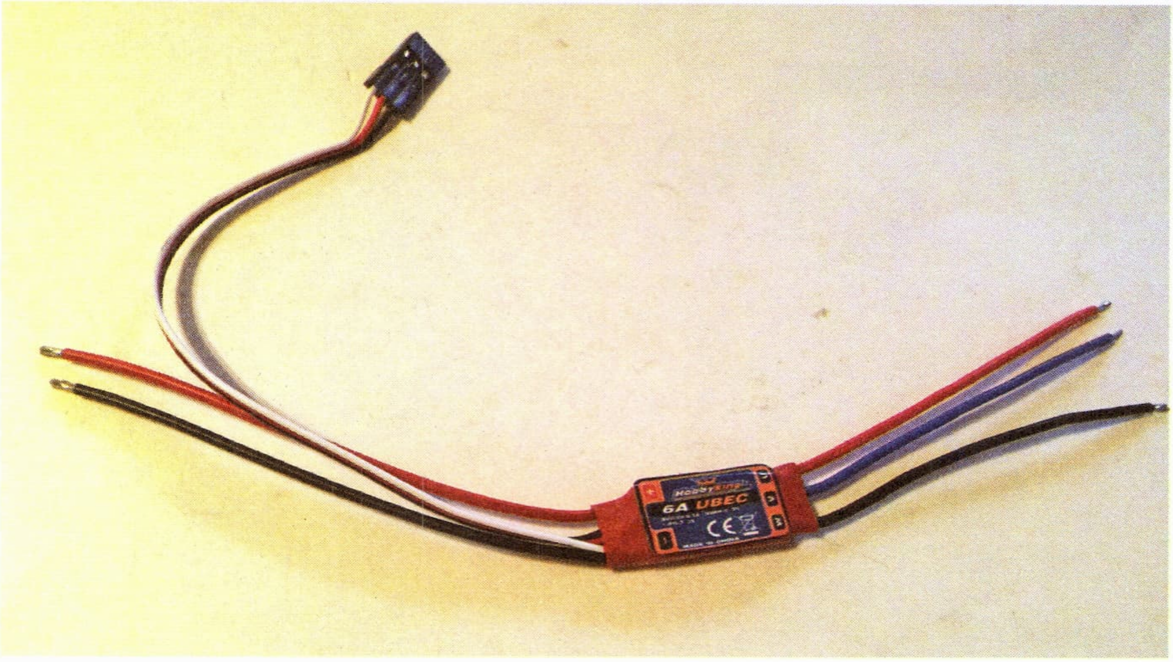
تتميَّز المستقبلات عن بعضها البعض بتردّد الإشارة (مثلاً، 2.4 غيغاهرتز)، وعدد القنوات، وكذلك نمط الهوائي. ولا داعي للقول إن هذه الأمور يجب أن تطابق المرسِل الذي تستخدمه.



الشكل 7-2 إن مرسِلاً رخيصاً كهذا الطراز Hobby King يُعدّ مدخلاً رائعاً إلى عالم التحكم اللاسلكي.



الشكل 7-3 يفسِّر مستقبِل Hobby King الإشارات من المرسِل.



الشكل 7-4 المتحكمات الإلكترونية بالسرعة تتحكّم بالمحرّكات بمساعدة المستقبِل.

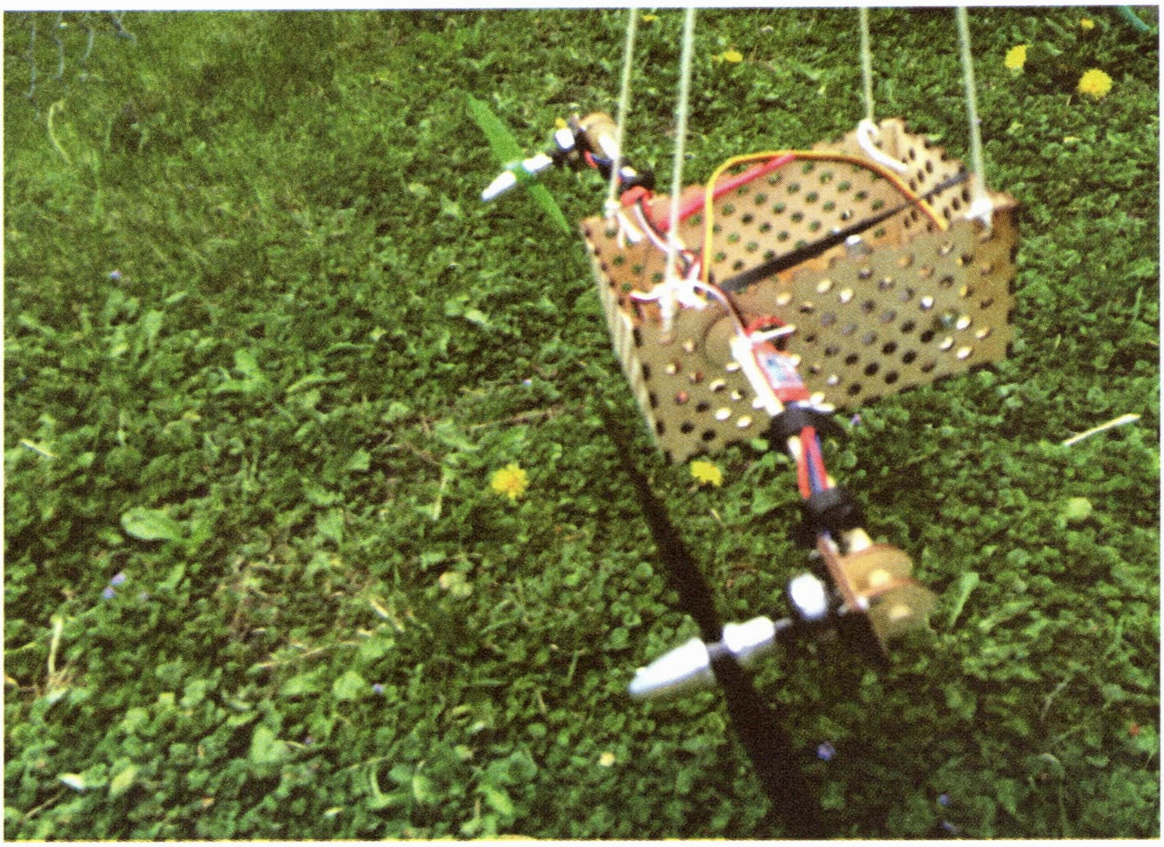
المتحكم الإلكتروني بالسرعة

الفولطية التي تصدر عن المستقبِل منخفضة جداً لقيادة أي محرّك، لذا فهي تُستخدَم لتحفيز متحكمٍ إلكتروني بالسرعة (Electronic Speed Controller أو ESC، مبيَّن في الشكل 7-4) يدير الفولطية الكاملة للبطّارية. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي المتحكمات الإلكترونية بالسرعة في أغلب الأحيان على رقاقة صُغرية مبرمَجة فيها بعض الأعمال، مثل الفرملة، وتعديل قوة الخانق، والإقلاع البطيء لكي لا تنطلق الكوادكوبتر كالسهم فور تشغيل المحرّكات.

لاختيار متحكم إلكتروني بالسرعة، اختر واحداً له تصنيف أمبير ملائم للمحرّكات التي تستخدمها – وتقضي القاعدة العامة أن تختار واحداً يتخطى التصنيف الأعلى لمحرّكك بقليل. بشكل مماثل، تأكد من الحصول على المتحكم الإلكتروني بالسرعة الصحيح لنوع محرّكك، مع الانتباه إلى طبيعة عمله على التيار المتناوب أو التيار المستمر، وعما إذا كان يحتوي أو لا يحتوي على مبدِّلات كهربائية.

المشروع الرابع: منطاد بيضوي بدون طيّار

مشروع هذا الفصل هو منطاد بيضوي (blimp، راجع الشكل 7-5) يستخدم بالونات مايلر لرفع مقصورة خشبية في الهواء. تتألف المقصورة من زوج مراوح يجعلها محرّك مؤازِر تميل يميناً ويساراً، وسنستخدم إما تقنية التحكم اللاسلكي أو بطاقة أردوينو للتحكم بها.



الشكل 7-5 يستخدم المنطاد البيضوي بدون طيّار بالونات ليرفع نفسه في الهواء.

القطع

ستحتاج إلى القطع التالية لبناء المنطاد البيضوي بدون طيّار. لاحظ أن المحرّكات والمراوح والمعدات هي نفسها التي استخدَمتها في الفصل 6.

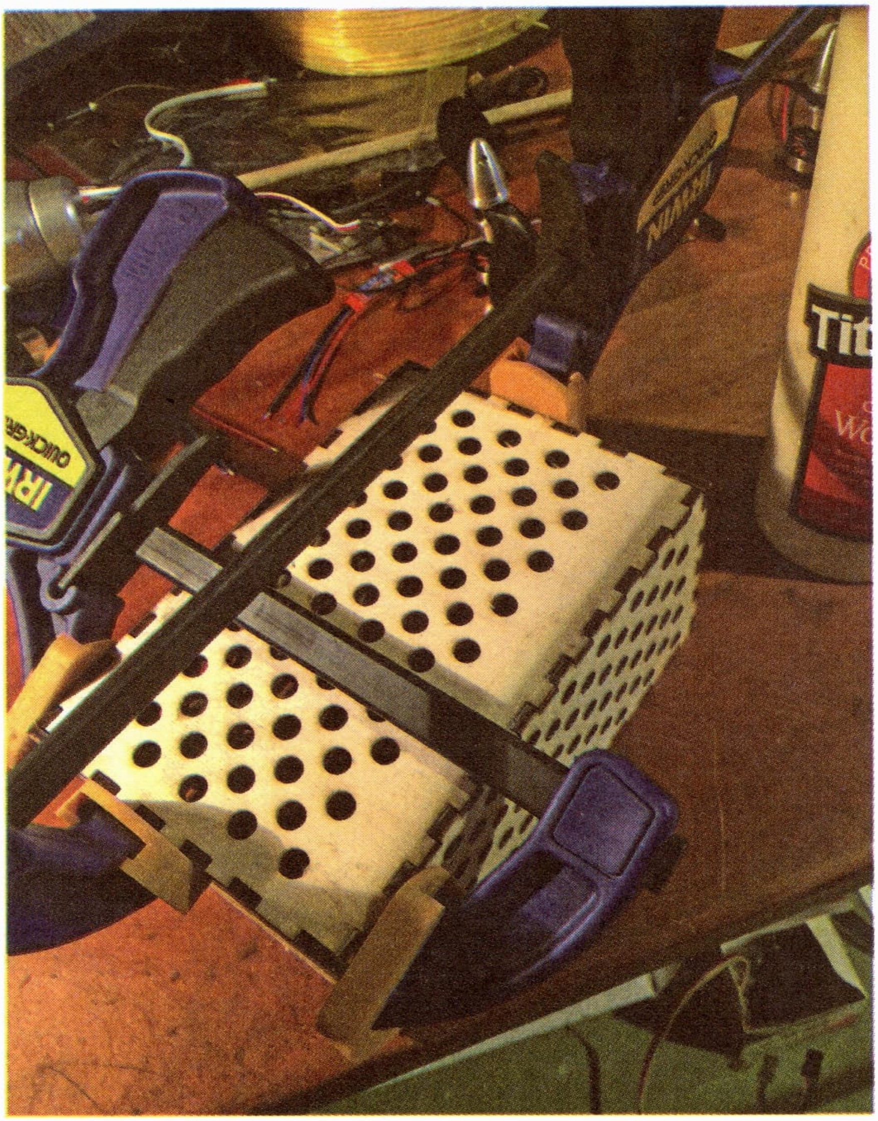
- **محرّكان** – استخدمتُ محرّكات Hobby King قوة 1400 كيلوفولط لا تحتوي على مبدِّلات كهربائية (رقم القطعة 2205C-1400).
- **مهايئا مراوح** – استخدم مهايئ مروحة Hobby King "نوعه طوق" للدوّارات 3 ملم (رقم القطعة GON-D3T6).
- **مروحتان** – استخدمتُ مراوح Turnigy كهربائية بطيئة 7×3.8، واحدة عادية وواحدة دافعة (Hobbyking.com؛ رقم القطعة 0-9329000203 و0-9329000206).
- **براغيان Mx10 سداسيان لحماية المحرّكات (Hobbyking.com؛ رقم القطعة HA0506)** – ستحتاج إلى عزقات سداسية أيضاً (رقم القطعة OR017-01001-M2).
- **محرّك مؤازِر** – استخدمتُ مؤازِر Hitec HS322HD (Jameco.com؛ رقم القطعة 395760).

- **ذراع محرّك مؤازِر** – استخدمتُ ذراع محرّك مؤازِر Acrobatics أحادي الجهات (رقم القطعة 525116).
- **مباعدات محرّك مؤازر** – استخدم مباعدات 6# أنثوية-أنثوية 2.5 سم (Allelectronics.com؛ رقم القطعَة SP-263). ستحتاج أيضاً إلى براغي 32-6# لحمايتها.
- **حزام توقيت** – يبيع منها الموقع Adafruit.com (رقم القطعة 1184).
- **ربطات بلاستيكية** – مجرد أي حجم يتوفر لديك!
- **مقصورة مقصوصة بالليزر** – يمكنك تنزيل واستخدام تصميمي إن شئت من العنوان http://www.thingiverse.com/jwb. ولتحقيق أفضل تأثير ممكن، استخدم الأكريليك، أو خشب البتولا سماكة 3 ملم، أو أي مادة أخرى خفيفة الوزن بشكل مماثل.
- **دسار (dowel) (0.6 سم)** – استخدم طولاً يبلغ حوالي 45 سم.
- **بالونات هليوم** – استخدمتُ بالونات Qualatex قياس 60 سم بسبب حجمها الغازيّ الكبير.
- **تركيبة مرسِل ومستقبِل تحكم لاسلكي** – قم بزيارة موقع الويب Hobbyking.com (رقم القطعة HK-T6A-M2).
- **متحكمان إلكترونيان بالسرعة** – استخدم الصنف Hobby King قوة 6 أمبير (Hobbyking.com؛ رقم القطعة 261000001).
- **البطارية** – استخدم بطارية LiPo نوع Turnigy Nano-Tech، المصنَّفة 460 ميللي‌أمبير-ساعة (Hobbyking.com؛ رقم القطعة N460.3S.25).

قطع أردوينو

إذا كـــنـت ستستخدم بطاقةً أردوينو للتحكم بالمنطاد البيضوي، إليك ما ستحتاج إليه بدلاً من مرسِل ومستقبِل التحكم اللاسلكي:

- **أردوينو أونو (UNO) أو مايكرو (Micro)** – لقد استخدمتُ مايكرو في الفصل 5، لكن بطاقات الأونو شائعة أكثر بكثير. سأبيِّن لك كيفية استخدام هذين النوعين من البطاقات في وصف المشروع.
- **مستشعِران فوق صوتيان** – لقد استخدمتُ مستشعِرات متوافقة مع PING (Jameco.com؛ رقم القطعة 2206168).
- **سلك** – استخدمتُ وصلات عبور من Sparkfun.com (رقم القطعة 11026).



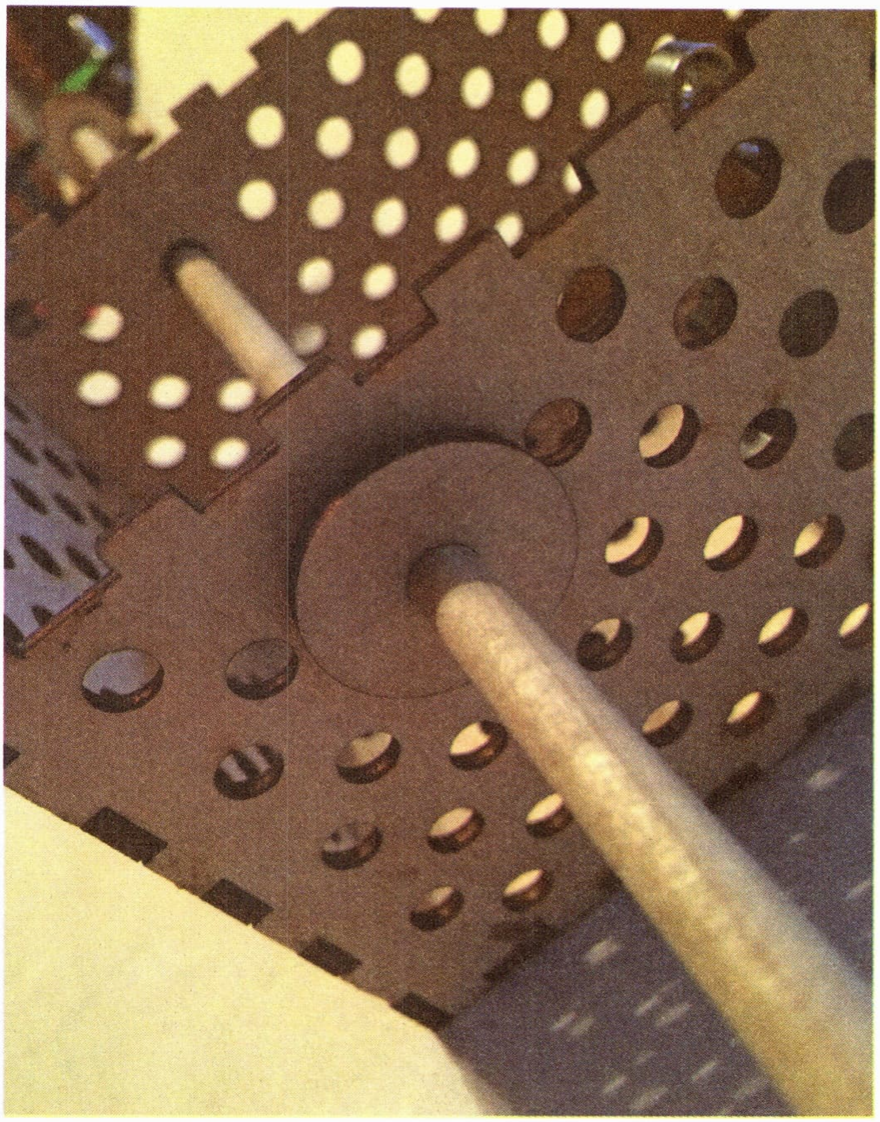
الشكل 7-6 جمِّع صندوق الهيكل، والصقه ببعضه بواسطة الغراء، ثم ثبّته بمِلزمة.

الخطوات

نفّذ الخطوات التالية لبناء منطادك البيضوي:

1. جمِّع صندوق المقصورة المبيَّن في الشكل 7–6. لقد قصصتُ القطع من لوح خشب بتولا سماكته 3 ملم باستخدام أداة قصّ بالليزر ثم وضعتُ غراءً على القطع وثبّتها بمِلزمة. لكنك لست بحاجة إلى تكبّد كل هذا العناء، فأي صندوق خفيف الوزن سيفي بالغرض.

2. أضف محور الدوران. أدخله عبر المقصورة بحيث يخرج حوالي 15 سم من الدسار من كل طرف من الطَرفين. استخدم غراءَ الخَشب لتثبيت الفلكات الخشبية (جزء من تصميم أداة القصّ بالليزر) بالدِسار. يمكنك رؤية كيف يجب أن تبدو الفلكات في الشكل 7–7.



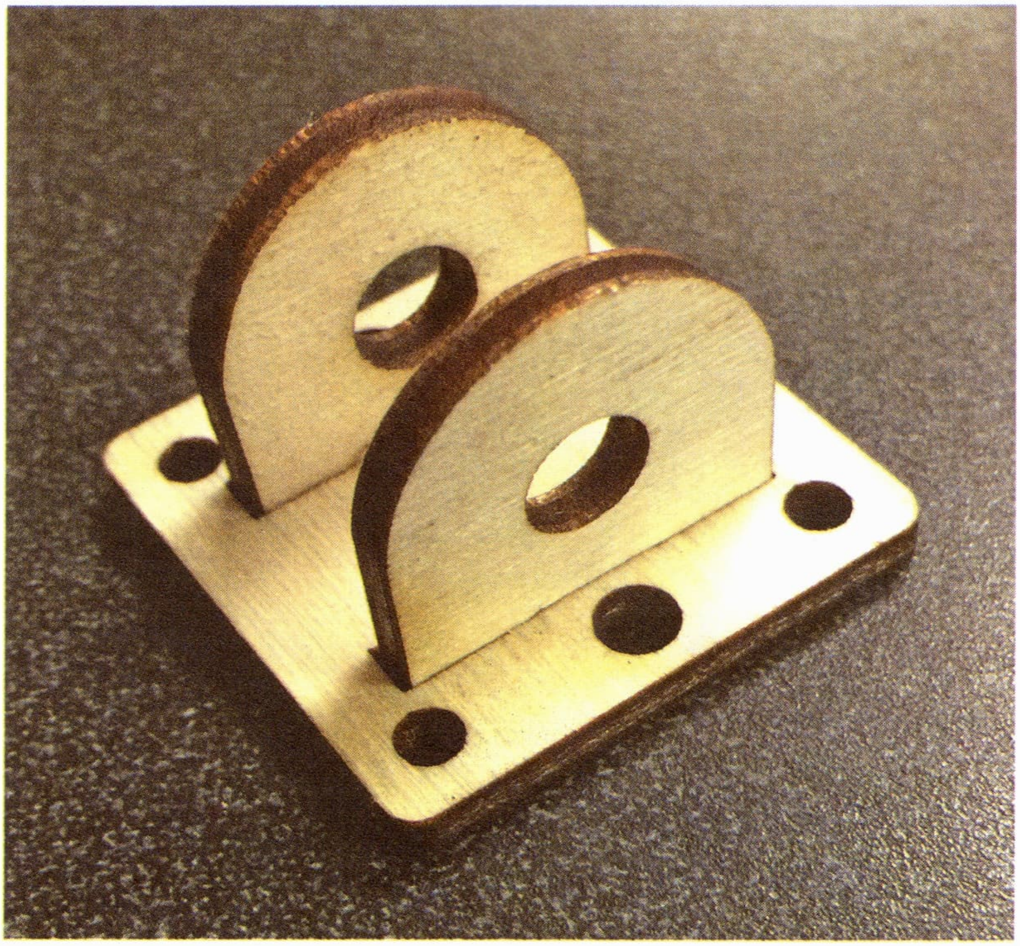
الشكل 7-7 استخدم فلكات خشبية لتثبيت الدِسار.

3. بينما تجفّ الفلكات، جمّع صفائح تركيب المحرّكات واستخدم الغراء للصقها ببعضها. يمكنك رؤية إحداها في الشكل 7–8؛ ستحتاج إلى صفيحتين، واحدة لكل محرّك.

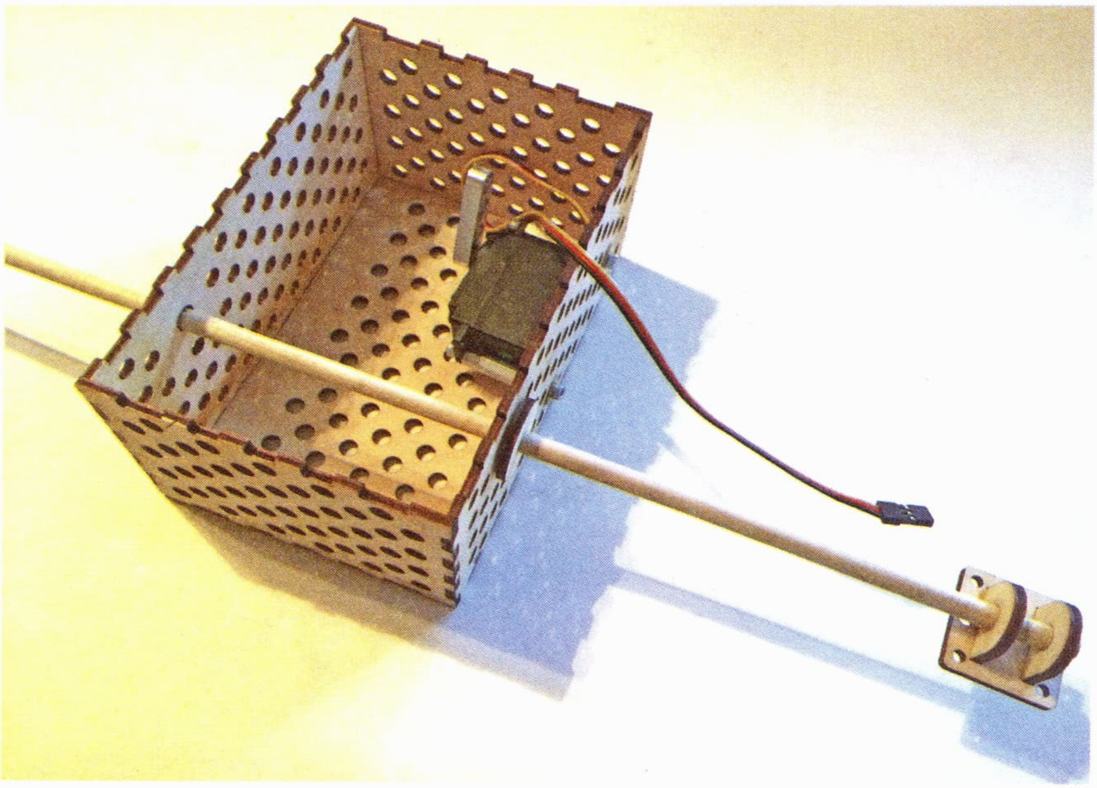
4. بعدما يجف كل الغراء، أدخِل صفائح تركيب المحرّكات في الدِسار وثبّتها في مكانها بواسطة الغراء، كما هو مبيَّن في الشكل 7–9. لا داعي للقول إنه يجب توجيه صَفائح التركيب في نفس الاتجاه.

5. بينما تجفّ صفائح تركيب المحرّكات، ثبِّت المحرّك المؤازر باستخدام المباعدات والمعدات 6#. في الوقت نفسه، ثبّت ذراع المحرّك المؤازِر باستخدام مجموعة البراغي التي أتت معَ المحرّك المؤازِر. يبيّن الشكل 7 –10 كيف يجب أن يبدو.

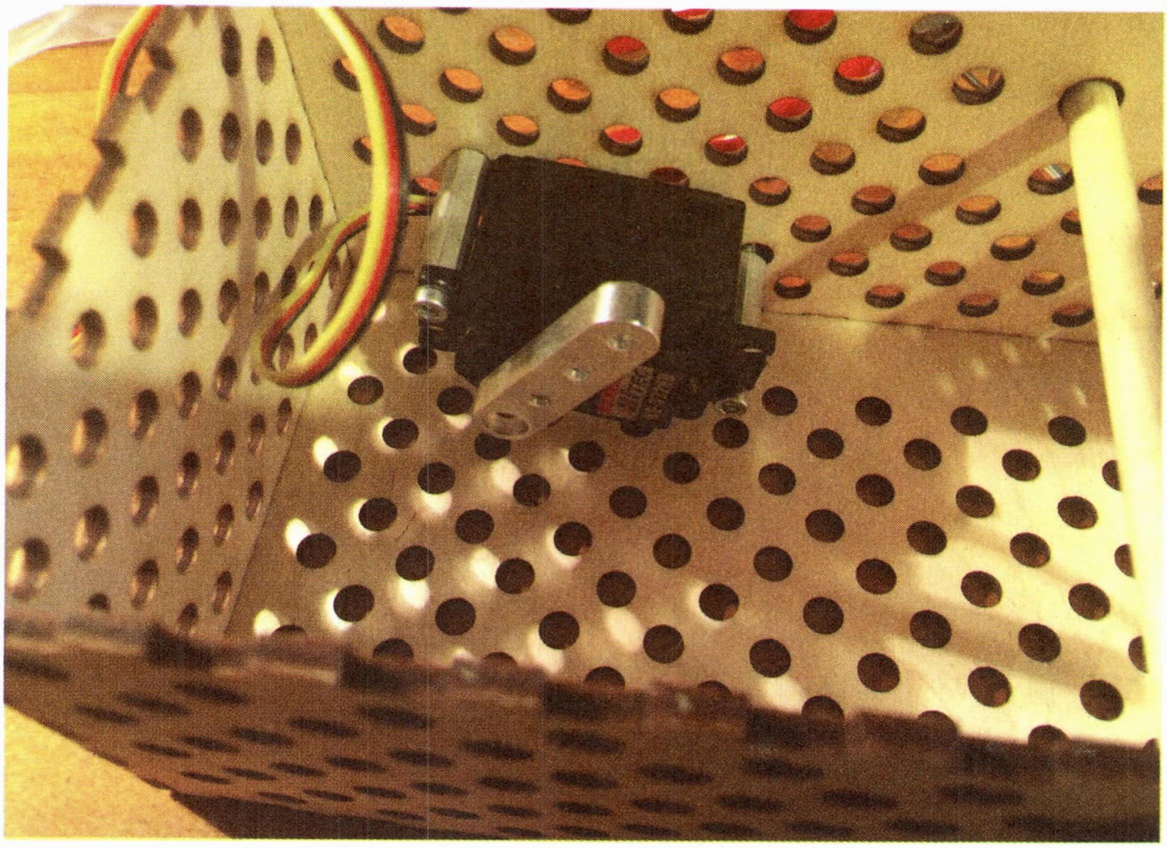
6. وصِّل المحرّكات بصفائح التركيب باستخدام البراغي والعزقات M2. قد تريد استخدام أحد الأشياء المسنّنة أو عزقات التثبيت لتثبيت البراغي. وبعد تركيب المحرّكات، يجب أن تبرمها الجاذبية بحيث يصبح وجهها نزولاً بشكل مستقيم، كما هو مبيَّن في الشكل 7–11.



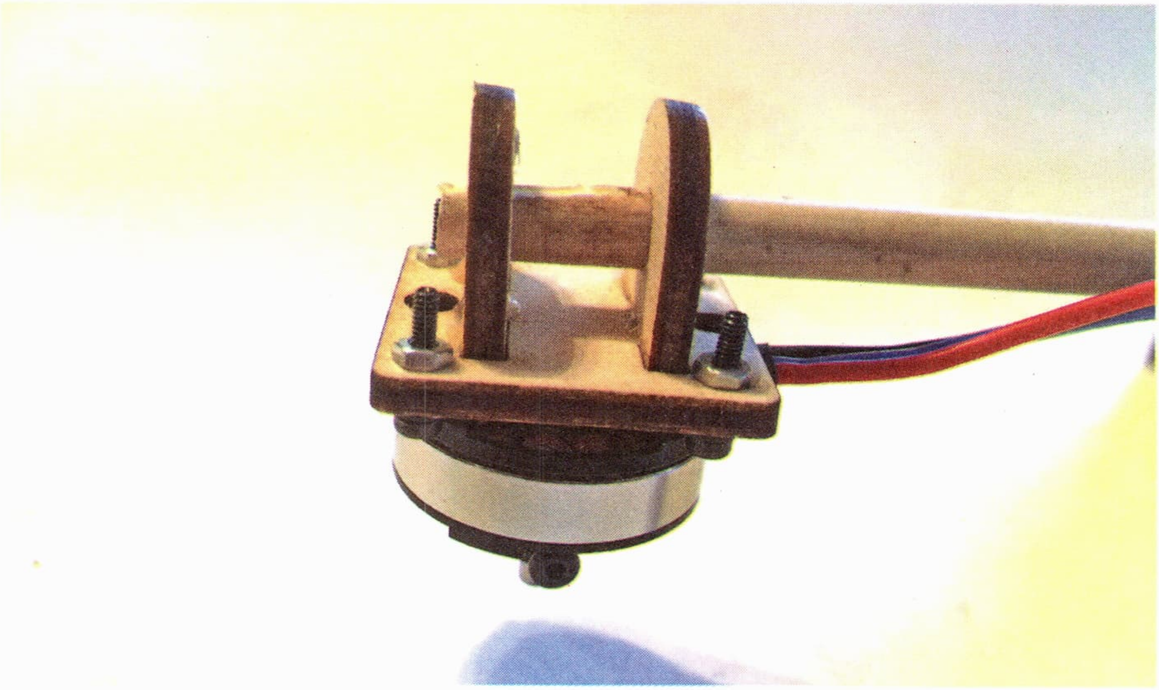
الشكل 7-8 جمِّع صفائح تركيب المحرّكات واستخدم الغراء للصقها ببعضها.



الشكل 7-9 استخدم الغراء لتثبيت صفائح تركيب المحرّكات في مكانها.

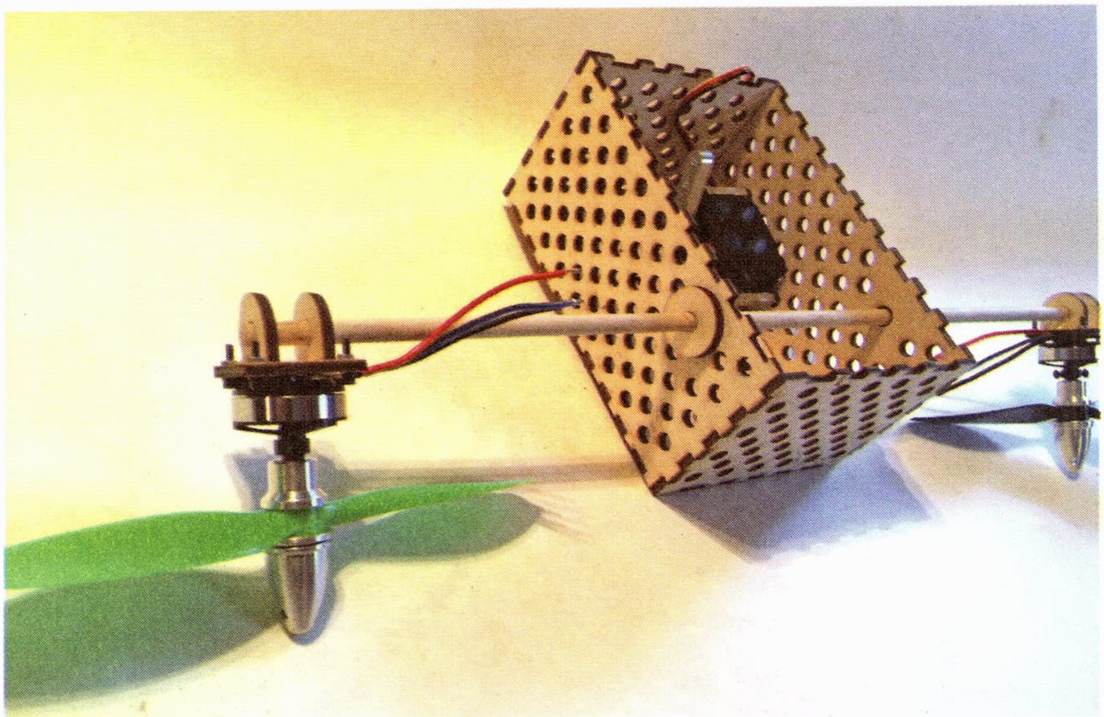


الشكل 7-10 ركّب المحرّك المؤازِر وذراعه.

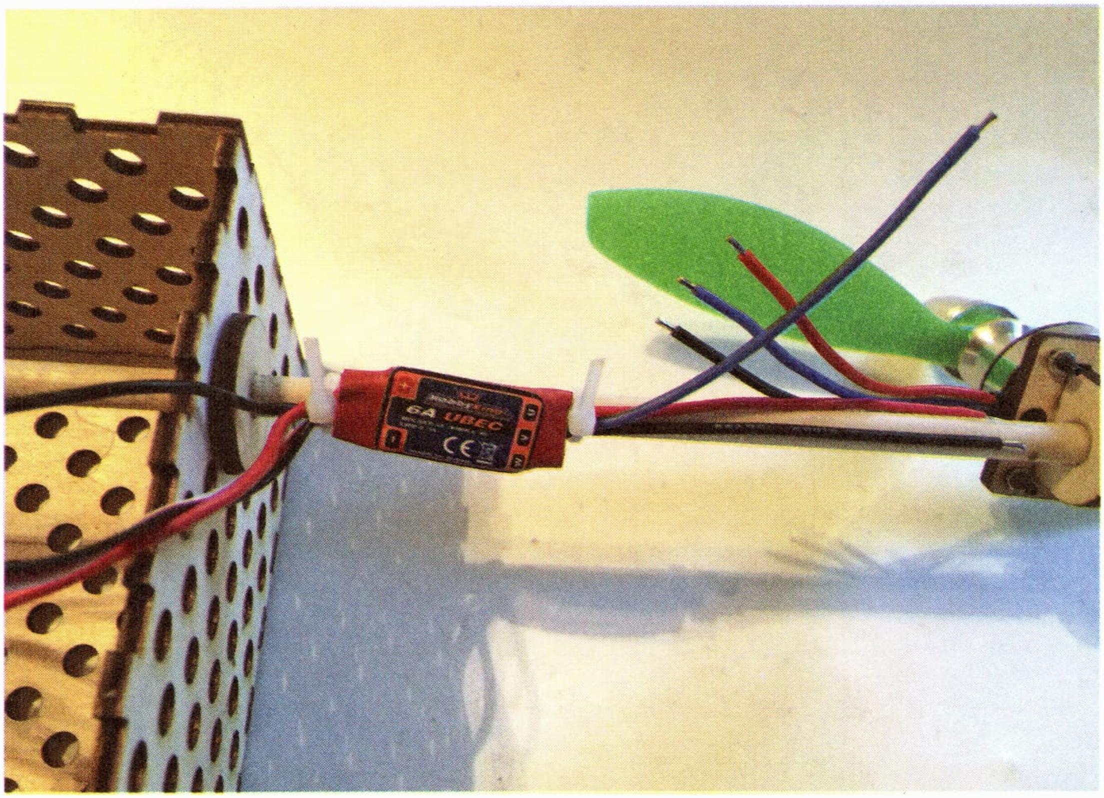


الشكل 7-11 ثم ركّب المحرّكات.

7. وصِّل المراوح باستخدام مهايئات المراوح، تماماً مثلما فعلت في الفصل 6. وعندما تنتهي من هذه الخطوة، يجب أن يبدو ما بنيته حتى الآن مشابهاً للشكل 7-12.

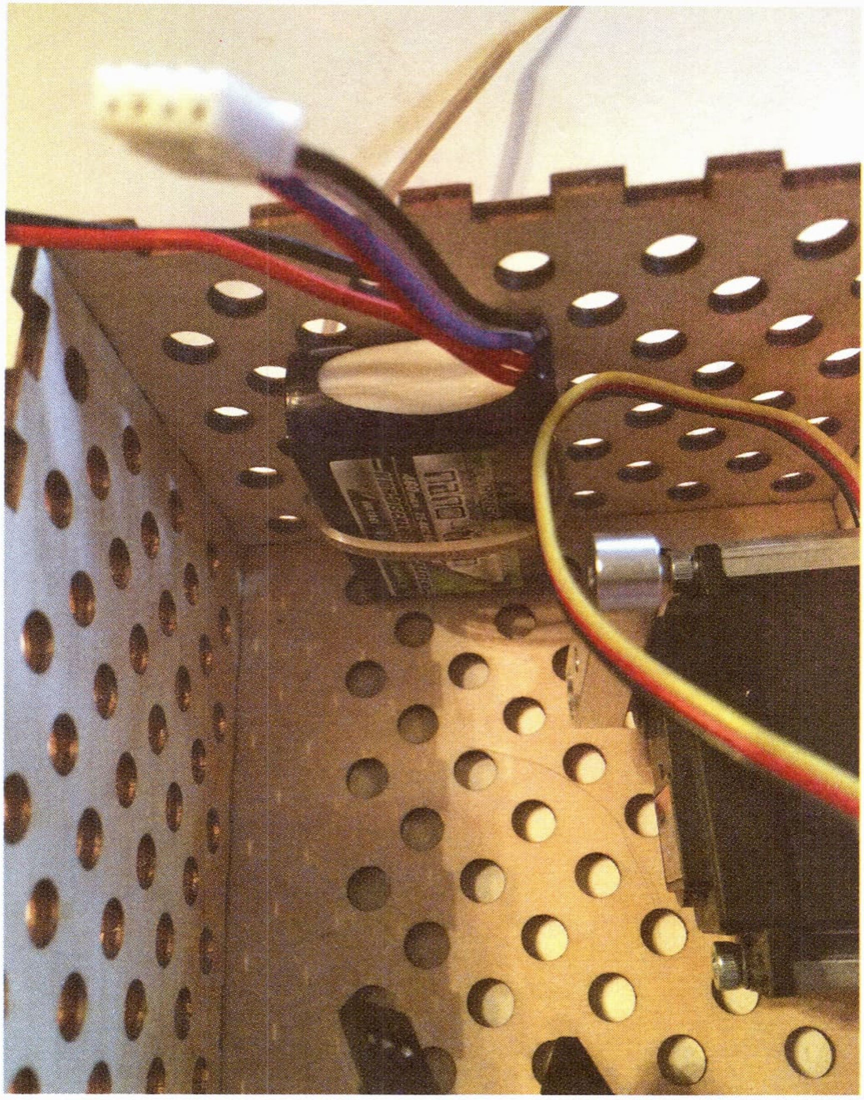


الشكل 7-12 ثم يأتي دور المراوح ومهايئات المراوح.



الشكل 7-13 استخدم ربطات بلاستيكية لربط المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بالدِسار.

8. وصِّل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة، واربطها بالدِسار بواسطة ربطات بلاستيكية مثلما ترى في الشكل 7–13، مع توجيه أسلاك الطاقة الحمراء والسوداء نحو المقصورة والأسلاك الحمراء–الزرقاء–السوداء بالقرب من المحرّكات.



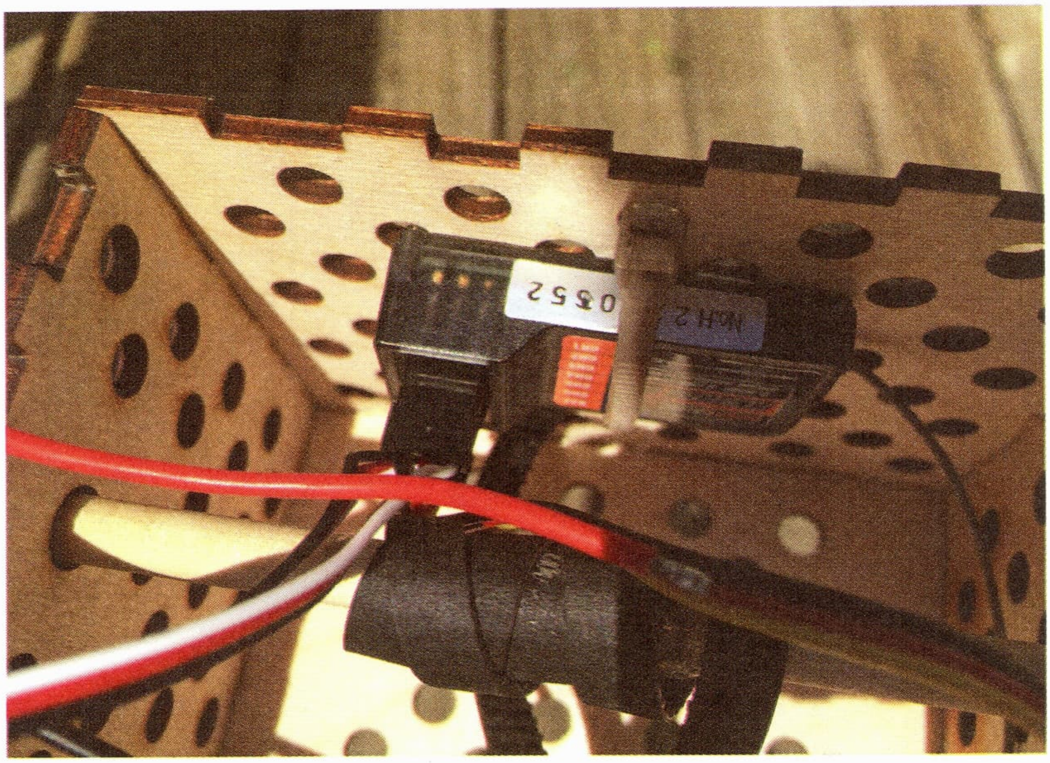
الشكل 7-14 ثم ثبّت البطارية بربطات بلاستيكية.

9. استخدم ربطات بلاستيكية لربط بطاريتك LiPo بالمقصورة، مثلما ترى في الشكل 7-14.

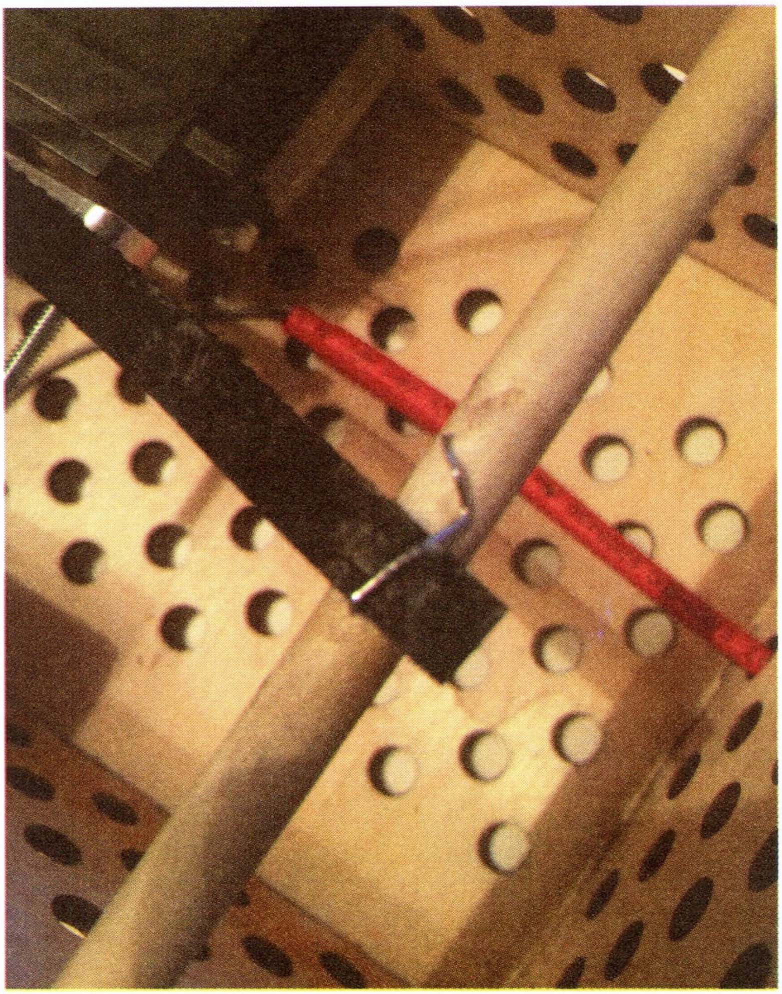
10. وصِّل المستقبِل بالمقصورة باستخدام ربطات بلاستيكية. يجب أن يبدو تماماً مثلما ترى في الشكل 7-15. ضع المستقبِل بالقرب من المقدمة لكي يمكن أن يكون قريباً من متحكمات السرعة.

11. دعنا الآن تنشئ الاتصال الذي سيستخدم المحرّك المؤازِر لتحريك الدسار. وصِّل قطعة حزام توقيت بالدسار، وعندما يجفّ، لفّ الحزام حول الدسار بضع مرات لإعطائه بعض الاحتكاك. يبيِّن الشكل 7-16 كيف فعلتُ ذلك – بتكبيس الحزام بالدِسار ثم لصقه بالغراء الساخن.

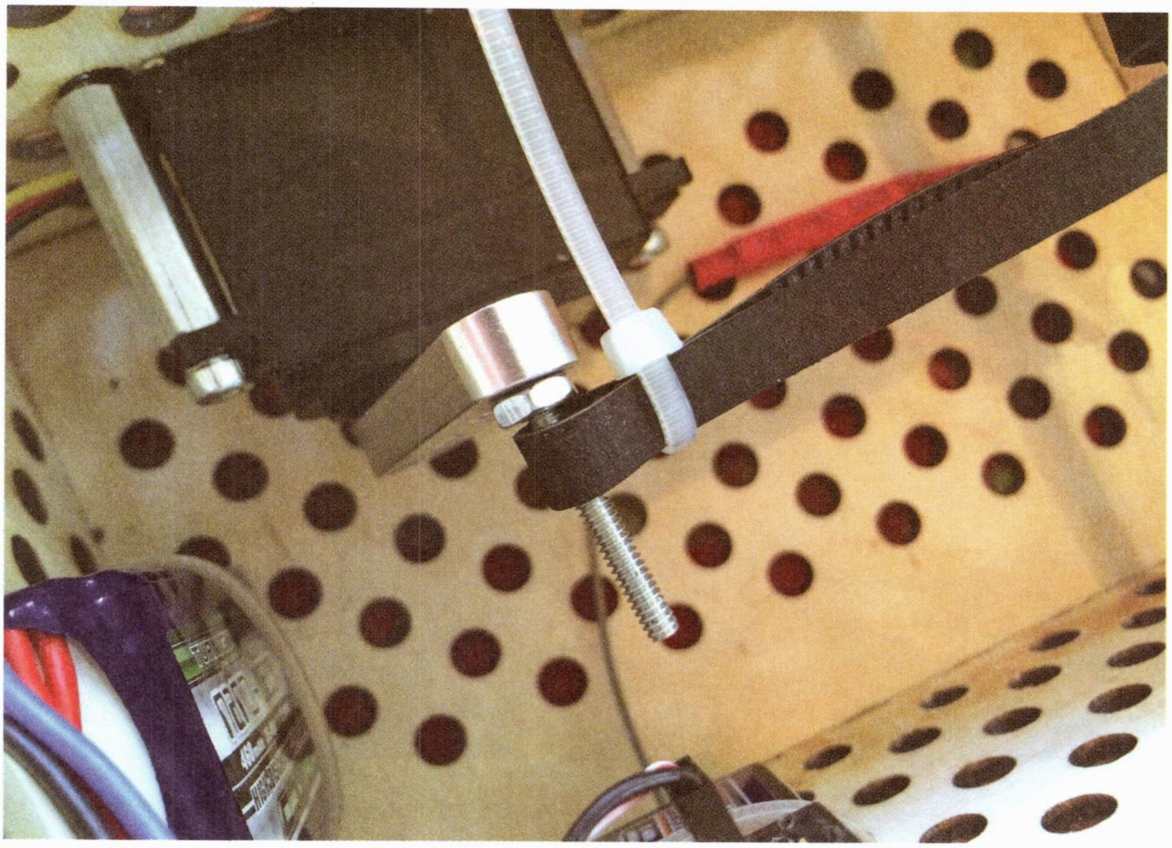
12. بعد توصيل الحزام، ابرم الدسار بحيث تشير المراوح إلى الأسفل. عليها أن تريد أن تفعل ذلك في جميع الأحوال – بفضل الجاذبية! ثم ضع ذراع المحرّك المؤازِر بحيث تكون مائلة قطرياً للأمام، كما هو مبيَّن في الشكل 7-17. استخدم ربطات بلاستيكية لتثبيت الطرف الحر للحزام ببرغي 4# (2.5 سم) مثبّت في طرف ذراع المحرّك المؤازِر. وبالتالي، عندما تنسحب الذراع إلى الخلف، ستميل المحرّكات إلى الأمام. هذا يعطيك اتجاهَين لدفع المنطاد البيضوي: إلى الأعلى وإلى الأمام!



الشكل 7-15 استخدم ربطات بلاستيكية لتثبيت المستقبِل بالمقصورة.



الشكل 7-16 استخدم رزّات سلكية وغراء لتثبيت حزام التوقيت بالدِسار الخشبي ثم لفّه حوله.



الشكل 7-17 استخدم ربطات بلاستيكية لتثبيت حزام التوقيت ببرغي 4# موصول بذراع المحرّك المؤازِر.

13. وصِّل أسلاك كل شيء!

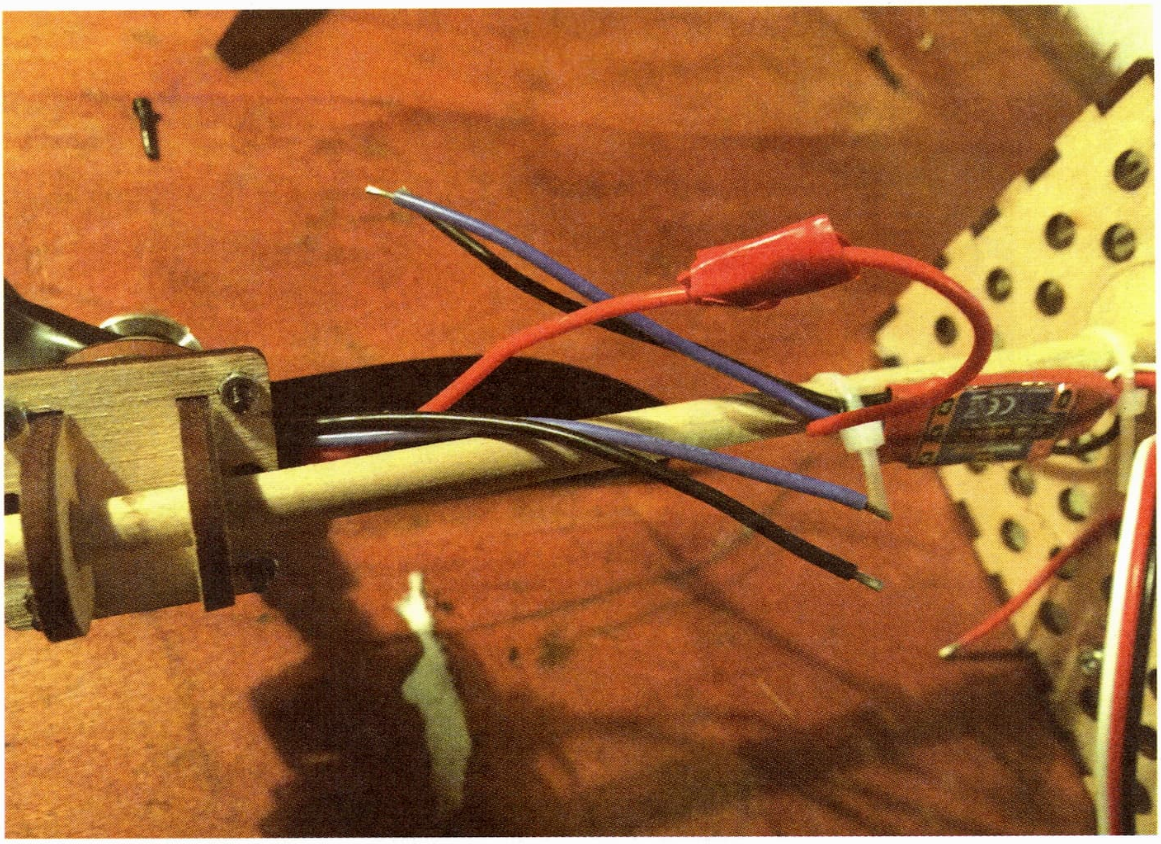
أ. وصِّل أسلاك المحرّك الحمراء والزرقاء والسوداء بالأسلاك المطابقة لها على المتحكم الإلكتروني بالسرعة. يبيِّن الشكل 7–18 كيفية توصيل السلك الأحمر.

إذا كنت تريد تعلّم طريقة أجمل لتثبيت الأسلاك، سأبيِّن لك كيف تعمل الموصلات المخروطية في الفصل 10، فهي أفضل طريقة على الإطلاق لتوصيل سلكين ببعضهما بشكل مؤقت.

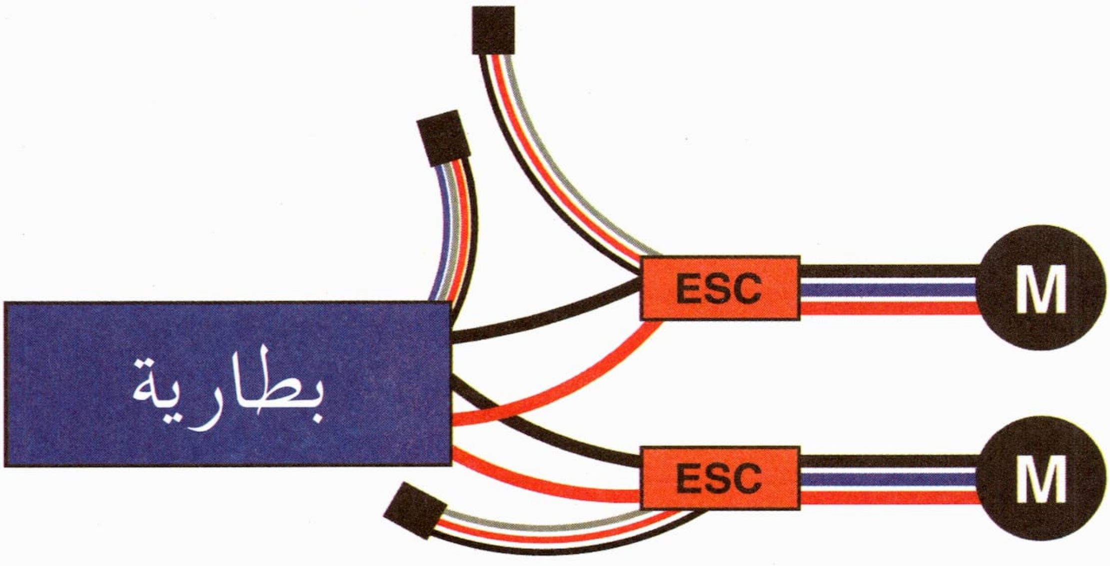
ب. للأطراف الأخرى للمتحكمات الإلكترونية بالسرعة قابسٌ ثلاثي الأسلاك وأسلاك حمراء وسوداء منفصلة. يتم توصيل السلك الأحمر لكل متحكم إلكتروني بالسرعة بالموصل الموجب للبطارية، ويتم توصيل السلكَين الأسودَين بموصل التأريض للبطارية. عليك فتل كل زوج سوية في سلك واحد، كما هو مبيَّن في الشكل 7–19. غطِ السلك المكشوف بشريط كهربائي.

البطارية التي اخترتُها لهذا المشروع تتألف من قابس شحن رباعي الأسلاك وكذلك سلك أثقل للطاقة الرئيسية وأسلاك تأريض.

كما هو الحال في الخطوة السابقة، هناك وسيلة أفضل لتحقيق هذا سأشرحها بالتفصيل في الفصل 10 وتسمّى ضفيرة أسلاك (wiring harness). إنها عدّة لتوزيع الطاقة للكوادكوبترات، تزوِّد الطاقة إلى عدة محرّكات من خلال وصلة بطارية واحدة.

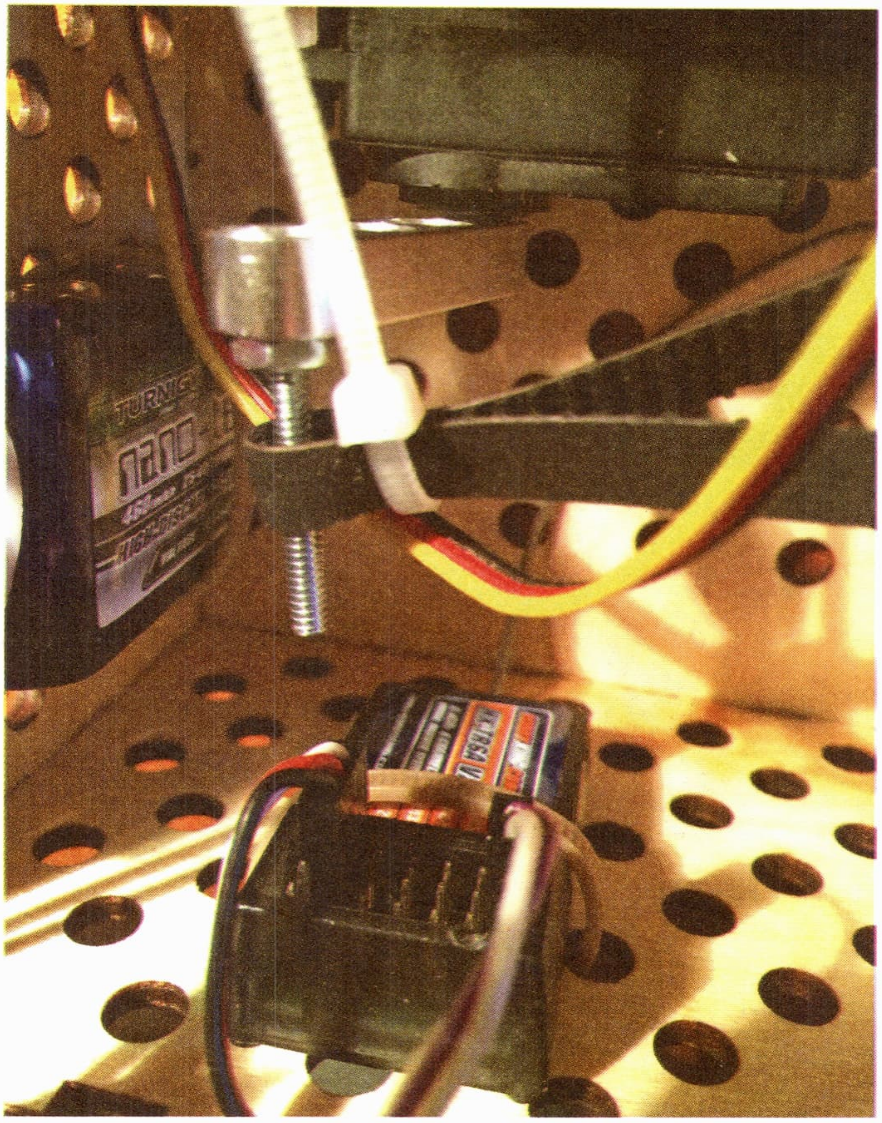


الشكل 7-18 وصّل أسلاك المحرّك الثلاثة بالأسلاك المطابقة لها على المتحكمات الإلكترونية بالسرعة.



الشكل 7-19 وصّل أسلاك المتحكمين الإلكترونيين بالسرعة بالقابسات الملائمة على البطاريات.

ج. القابسات الثلاثية الأسلاك على المتحكمات الإلكترونية بالسرعة يتم توصيلها بالمستقبِل. فيتم توصيل السلك الأسود على جهة صف الدبابيس المعاكس للهوائي، كما هو مبيَّن في الشكل 7-20. وصِّلها بالقناتين 2 و3. وبينما تفعل ذلك، وصِّل قابس المحرّك المؤازِر أيضاً. أدخِله في القناة 6.



الشكل 7-20 وصِّل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة والمحرّك المؤازِر بالمستقبِل.

تلميح

لا يُعتبر الجَدْل (أو الفتل) في الواقع طريقةً رائعةً لتوصيل الأسلاك. سأشرح لك الموصلات المخروطية في الفصل 8، وهي القابسات القياسية للأسلاك.

التحكم المستقل بذاته بواسطة بطاقة أردوينو

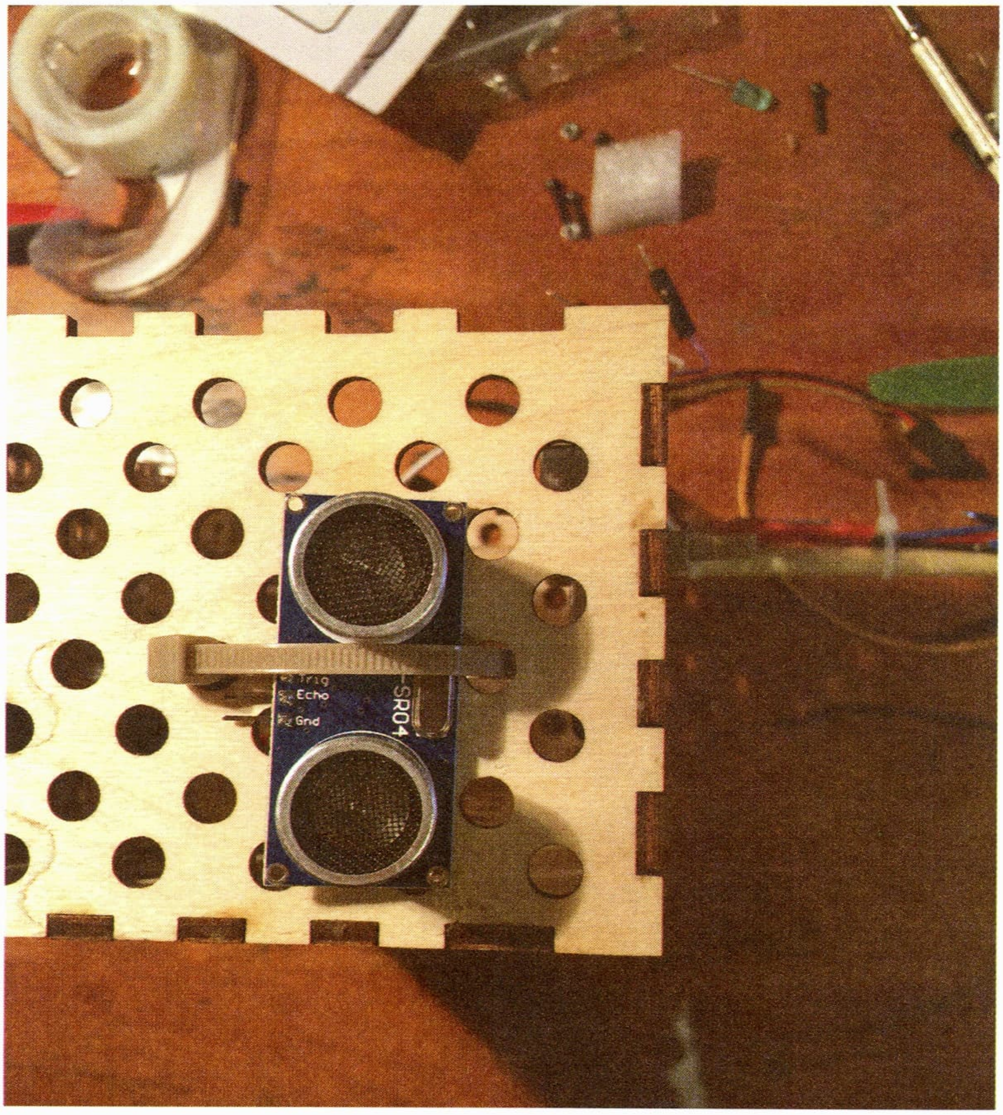
بدلاً من المستقبِل، سنضيف بطاقةً أردوينو إلى المقصورة (راجع الشكل 7–22) وكذلك زوج مستشعِرات فوق صوتية. ستساعدك هذه الإلكترونيات على التحكم بالأردوينو بشكل مستقل.

من السهل جداً في الواقع تحويل المقصورة بحيث يتم تشغيلها بواسطة بطاقة أردوينو. يمكن توصيل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بالدبوس الرقمي لبطاقة الأردوينو، مما يتيح لها أن تلَعب نفس دور المستقبِل

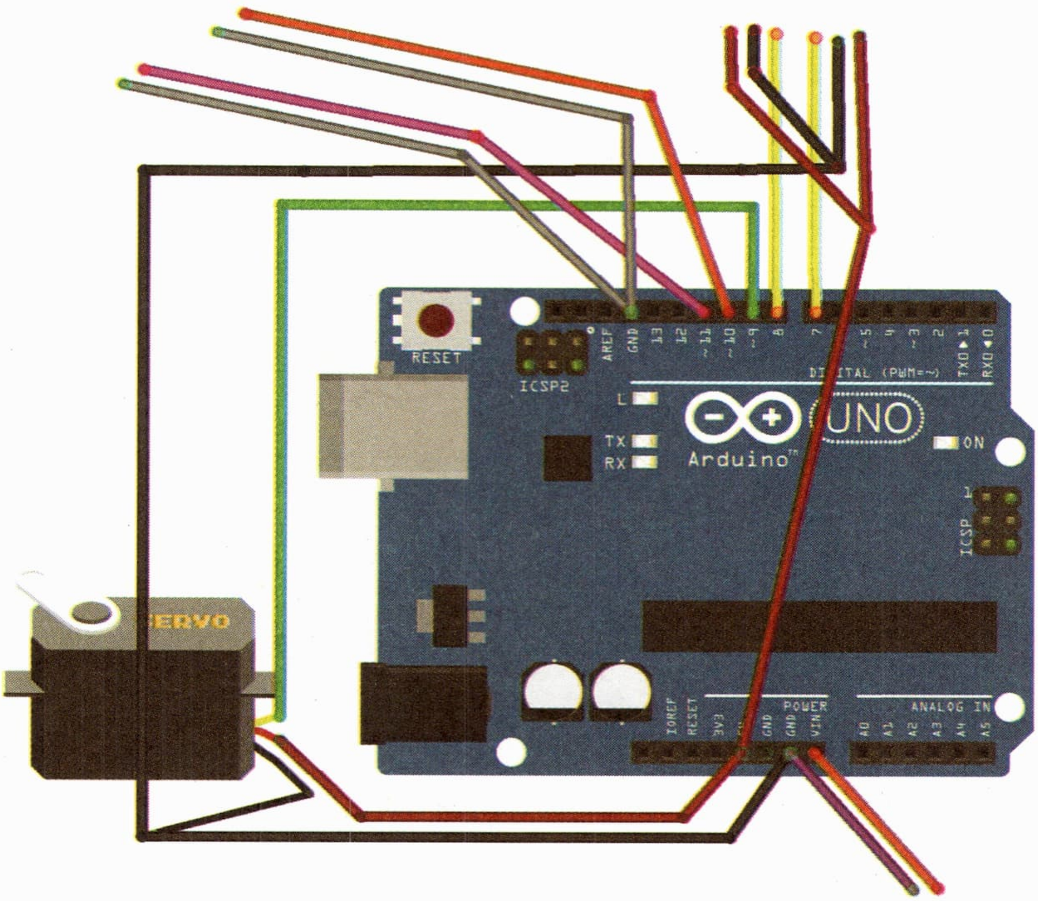
– فقط من دون اللاسلكي! فالتعليمات تأتي من البرنامج فقط. وكالعادة، سيكون عليك برمجة المتحكمات الإلكترونية بالسرعة أولاً. يمكنك اتباع إرشادات متحكماتك الإلكترونية بالسرعة لبرمجتها؛ وإلا، ابق معي حتى الفصل 8، حيث سأغوص أكثر قليلاً في أسرار المتحكمات الإلكترونية بالسرعة.

علـى كل حال، دعنا نتكلم عن المستشعرات. فبما أن المنطاد البيضوي لا يتكل على عيونك ليتجنّب العقـبات، سيحتاج إلى عيون خاصة به. سنركّب مستشعرين فوق صوتيين متوافقين مع Ping – أحدهما موضـوع في المقدمـة للبحث عن العقبات الموجودة أمام المركبة، والآخر موجَّه نزولاً لكي يعرف المنطاد البيضوي مدى ارتفاعه عن الأرض. إليك الخطوات التي عليك تنفيذها:

1. استخدم ربطات بلاستيكية لربط المستشعرين فوق الصوتيين (أحدهما مرئي في الشكل 7–21) بالمقصورة – واحد موجَّه نزولاً وآخر موجَّه إلى الأمام.



الشكل 7-21 المستشعِرات فوق الصوتية هي عيون المنطاد البيضوي.



الشكل 7-22 ضع بطاقة أردوينو مكان المستقبِل.

2. انزع المستقبِل واستبدله ببطاقة الأردوينو، مع توصيل الأسلاك مثلما ترى في الشكل 7–22:

أ. وصِّل المستشعِرات فوق الصوتية بالدبوسين 7 و8، مع توصيل أسلاك تأريضها بالدبوس GND وتوصيل دبابيسها VCC بمنفذ الطاقة 5 فولط في بطاقة الأردوينو.

ب. وصِّل أسلاك بيانات المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بالدبوسين الرقميين 10 و11 (معلّمان بأسلاك زرقاء سماوية وزهرية في مخطط الأسلاك أعلاه).

ج. وصِّل سلك بيانات المحرّك المؤازِر بالدبوس الرقمي 9، مع توصيل دبوس طاقته بمنفذ الطاقة 5 فولط في بطاقة الأردوينو وتوصيل سلك تأريضه بالدبوس GND.

الشيفرة

قم بتحميل الشيفرة التالية إلى بطاقتك الأردوينو لتتحكم بها بشكل مستقل. لاحظ أن هذه الشيفرة ليست معقّدة.

```
//This code is based on the PING ultrasonic sensor sketch by David A. Mellis.
#include <Servo.h>
Servo leftESC, rightESC, axleServo;
const int usPin1 = 7; //belly ultrasonic
const int usPin2 = 8; //forward ultrasonic
long duration1, inches1, cm1;
long duration2, inches2, cm2;

void setup() {
  axleServo.attach(9);
  leftESC.attach(10);
  rightESC.attach(11);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  //let's declare variables and take a reading.
  pinMode(usPin1, OUTPUT);
  digitalWrite(usPin1, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(usPin1, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(usPin1, LOW);
  pinMode(pingPin1, INPUT);
  duration1 = pulseIn(usPin1, HIGH);
  cm1 = microsecondsToCentimeters(duration1);

  if (cm1 < 2000) //triggers when gondola drops below a 2-meter altitude.
  {
    axleServo.write(100); //turns the props so they're facing down;
                          //adjust number as necessary
    delay(15);
    leftESC.write(100); //adjust amount as necessary for both ESCs.
    rightESC.write(100);
    delay(30);
    axleServo.write(100); //turns the props so they're facing forward again;
                          //adjust number as necessary
    delay(1000);
  }
  //let's do the same for the other sensor
  pinMode(usPin2, OUTPUT);
  digitalWrite(usPin2, LOW);
  delayMicroseconds(2);
```

```
  digitalWrite(usPin2, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(usPin2, LOW);
  pinMode(usPin2, INPUT);
  duration2 = pulseIn(usPin2, HIGH);
  cm2 = microsecondsToCentimeters(duration2);
  if (cm2 < 3000) //triggers when gondola approaches a wall to within 3 meters.
  {
    rightESC.write(100); //adjust number as necessary
    delay(100);
  }
}

long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
  return microseconds / 29 / 2;
}
```

الخلاصة

لقد تعمّقت في التحكم اللاسلكي والمناطيد البيضوية في هذا الفصل – وهما موضوعان يهمان منشئي الطائرات بدون طيّار. ستتعلَّم المزيد عن أنظمة التحكم اللاسلكي في الفصل 8، بما في ذلك الطيّارين الآليين ومتحكمات الطيران. ثم ستبني هذه الأشياء بنفسك!

8

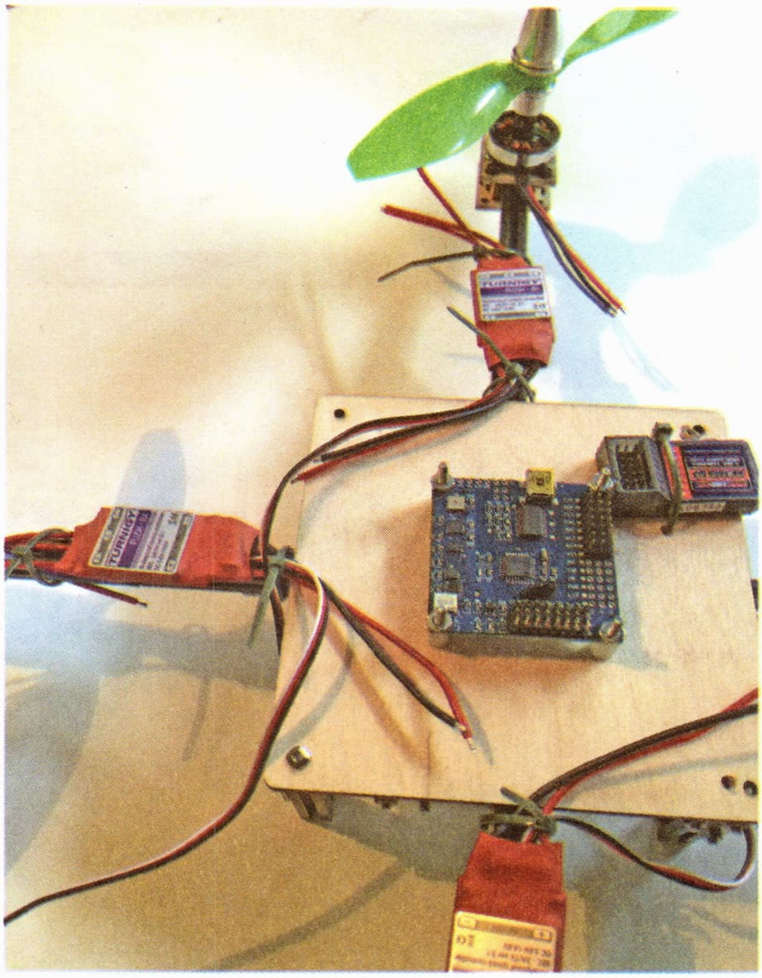
بناء كوادكوبتر، الجزء الثالث: جهاز القيادة

نظـــام جهاز القيادة حيويٌ لنجاح الكوادكوبتر. بكلام بسيط، من الصعب إبقاء الكوادكوبتر في الهواء إذا كـــنت مـــضطراً إلى قـــيادة كـــل المحرّكات الأربعة (أو أكثر!) يدوياً - دون أن نذكر الميزات المهمة والاختـــيارية كالقـــدرة على إدارة احتياجات المحرّكات للطاقة، وإبقاء المروحية مستقيمة تلقائياً، والتنقّل بمساعدة نظام التموضع العالمي (GPS)، والتبديل ذهاباً وإياباً بين الطيّار الآلي والتحكم اليدوي.

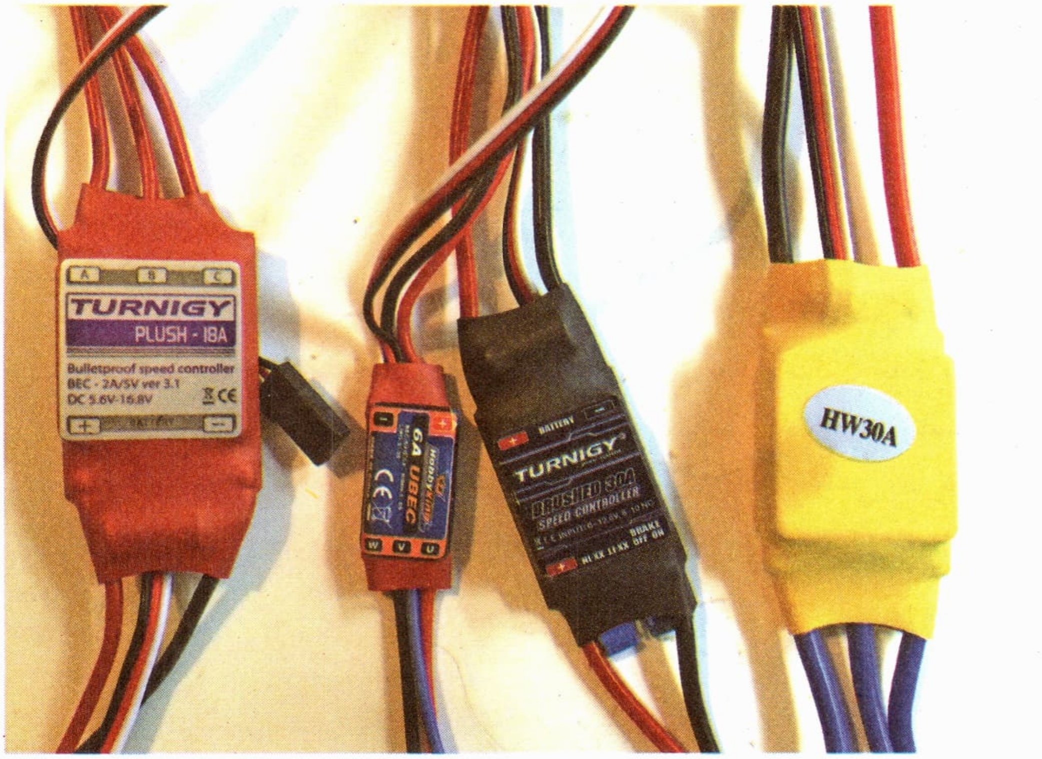
يـــشرح هـــذا الفـــصل كـــيف تعمل القطع الثلاثة لجهاز التحكم القياسي للكوادكوبتر: المتحكمات الإلكتـــرونية بالـــسرعة (electronic speed controllers أو ESCs)، ومـــتحكمات الطيران (flight controllers أو FCs)، والمستقبلات (receivers). وبعد أن نغطي الأساسيات، سنركّب منتَج طيّار آلي تجاري مرتكز على أردوينو يدعى MultiWii ومبيَّن في الشكل 8-1.

التعرّف على المتحكمات الإلكترونية بالسرعة

مثلما ذكرنا سابقاً، تزوِّد المتحكمات الإلكترونية بالسرعة (ESCs) الطاقة للمحرّكات لكي لا يضطر المـــستقبل أو مـــتحكم الطيران أن يفعل ذلك (راجع الشكل 8-2). وهي تتألف عادة من أسلاك إدخال الطاقة، وسلكَين أو ثلاثة أسلاك إخراج تؤدي إلى المحرّك، ووصلة بيانات يتم توصيلها بالمستقبل أو متحكم الطـــيران. وهناك ميزة أخرى تتبجَّح بها بعض المتحكمات الإلكترونية بالسرعة هي أنها تغيِّر التيار المستمر للبطارية إلى تيار متناوب ثلاثي المراحل يشغِّل محرّكات الكوادكوبتر، مما يتيح لك تشغيل محرّك تيارٍ متناوبٍ باستخدام بطارية تيارٍ مستمرٍ.



الشكل 8-1 ستركّب متحكم الطيران MultiWii في هذا الفصل.



الشكل 8-2 اختر المتحكم الإلكتروني بالسرعة الصحيح لمشروعك.

تـــأتي المتحكمات الإلكترونية بالسرعة ويكون تكوينها مضبوطاً مسبقاً أو يمكنك ضبط تكوينها يدوياً لتتناســـب مـــع نوع محدَّد من الطائرات بدون طيّار. مثلاً، يُتوقَع من المركبة الجوية ذات القيادة الآلية أن تتـــضمن محرّك أو محرّكَي قيادة ومحرّكات مؤازرة للجُنيِّحات والدفة. وتأتي بعض المتحكمات الإلكترونية بالـــسرعة مضبوطة مسبقاً لإيقاف طاقة القيادة إذا انخفضت فولطية البطارية بسرعة، وذلك للمحافظة على بقية طاقة البطارية للمستقبِل وأسطح التحكم.

إن ســـوق مـــتحكمات السرعة كبيرٌ جداً في الواقع ويحتوي على الكثير من المنتجات المتشابهة. لذا من الجـــيد لك دائماً رؤية ما الذي يفعله الأشخاص الآخرون الذين يعملون على مشاريع مماثلة مع متحكمات الـــسرعة قبل أن تُنفِق مالك. لحسن الحظ أن المتحكمات الإلكترونية بالسرعة البسيطة لا تكلّف الكثير من المال.

المتحكمات الإلكترونية بالسرعة الشائعة

ما يلي هي ثلاثة متحكمات إلكترونية بالسرعة شائعة لكن عالية النوعية:

- **XXD HW30A** – يقدِّم هذا المتحكم الإلكتروني بالسرعة تياراً ثابتاً قوته 30 أمبير وتصنيفاً أقصى قدره 40 أمبير لرشقات مدتها 10 ثواني (راجع الشكل 8-3). كما يتضمن ميزة بدء تشغيل آمنة حيث لن ينطلق فوراً إذا تم تشغيل المركبة بينما يتم الدوس على الخانق إلى أقصى حدوده. يمكنك ضبط نوع البطارية وإعدادات القَطع باستخدام مرسِلك، مثلما سأشرح لاحقاً في هذا الفصل.
- **Turnigy Brushed 30A** – لهذا المتحكم الإلكتروني بالسرعة سلكا محرّك بدلاً من ثلاثة لأنه يقود محرّك تيار مستمر اعتيادي قديم يحتوي على مبدِّلات كهربائية بدلاً من محرّك تيار متناوب خارجي الدوران مثل المحرّكات التي نستخدمها في مشروع الكوادكوبتر (راجع الشكل 8-4). لن تضبط تكوين هذا المتحكم الإلكتروني بالسرعة باستخدام مرسِلٍ مثلما تفعل مع الطُرُز الأخرى، بل ستستخدم وصلات عبور (وهي عبارة عن موصِّلات بلاستيكيّة ومعدنية صغيرة) لضبط خيارين فقط: نوع البطارية والفرامل. هذه متحكمات إلكترونية بالسرعة رخيصة، ثمنها حوالي 8$ في موقع الويب HobbyKing.com.
- **HobbyKing 6A UBEC** – هذه الحزمة الصغيرة النحيلة، المبيَّنة في الشكل 8-5، رخيصة جداً أيضاً، حيث أن كلفتها 7$ فقط. يمكنك توصيلها بما يصل إلى خليتَي LiPo أو ثلاث، لكنها غير مصنوعة حقاً لتحمّل كمية كبيرة من الأمبيرية. وهي تسمّى UBEC (اختصار universal battery eliminator circuit، الدارة العالمية البديلة للبطارية) لأنها تقطع الفولطية عندما ينخفض مستوى الأمبير إلى ما دون 0.5.



الشكل 8-3 الـ HW30A متحكمٌ إلكترونيٌ بالسرعة جيدٌ ومتعدد الاستخدامات قوته 30 أمبير.



الشكل 8-4 المتحكم الإلكتروني بالسرعة هذا ذو القوة 30 أمبير مصمَّم لمحرّكات التيار المستمر التي تحتوي على مبدِّلات كهربائية.



الشكل 8-5 هذا الطراز HobbyKing الصغير جيدٌ للمشاريع المنخفضة الأمبير.

برمجة المتحكمات الإلكترونية بالسرعة

تستخدم المتحكمات الإلكترونية بالسرعة القابلة للبرمجة رقائقَ متحكم صُغري لتخزين بعض الإعدادات مثل نوع البطارية، تكوين الطائرة (مثلاً، طائرة مقابل مروحية)، الفرملة، نطاق الخانق، والعديد غيرها. وكلما أنفقتَ مالاً أكثر على المتحكم الإلكتروني بالسرعة، كلما تضمَّن خيارات أكثر على الأرجح.



الشكل 8-6 استخدم مرسِلك لتبرمج متحكمك الإلكتروني بالسرعة.

وتستخدم المتحكمات الإلكترونية بالسرعة الأبسط وصلات عبور (موصّلات بلاستيكية ومعدنية نقّالة، أي أنها قابلة للتركيب والإزالة) لتغيير بضعة إعدادات فقط؛ على سبيل المثال، ما إذا كانت الفرامل مستخدمة أم لا، أو نوع البطارية المستخدمة. ويمكن برمجة المتحكمات الإلكترونية بالسرعة المعقّدة والمكلفة أكثر من خلال المرسِل، حيث تكون هناك نغمات صوتية تسيِّر المستخدم عبر القوائم المختلفة.

إليك كيفية ضبط تكوين المتحكم الإلكتروني بالسرعة Turnigy Plush 30A الذي نستخدمه في مشروع الكوادكوبتر. وقد لا تتضمن المتحكمات الإلكترونية بالسرعة التي تشتريها خيارات مشابهة، لذا تأكد من فحص ورقة المواصفات قبل أن تشتريها. أخيراً، تذكّر أنك إذا استخدمتَ متحكماً إلكترونياً بالسرعة من دون بقية معدات التحكم اللاسلكي، كتشغيله مثلاً بواسطة بطاقة أردوينو، ستظل بحاجة إلى برمجته أولاً باستخدام المرسِل.

1. شغِّل المرسِل، وانقل عصا الخانق إلى الموضع السفلي، كما هو مبيَّن في الشكل 8-6، ثم وصِّل البطارية بالمتحكم الإلكتروني بالسرعة.

يجب أن يُصدر المتحكم الإلكتروني بالسرعة طنيناً مميزاً، وينتظر خمس ثواني، ثم يُصدِر طنيناً آخر. هذا يبلّغك أنك دَخلتَ صيغة البرمجة.

ثم يدور المتحكم الإلكتروني بالسرعة في قائمته ذات البنود الثمانية، مع إصداره صفرةً مميزةً لكل بند (كصفرة سريعة واحدة مثلاً) تساعدك على معرفة الخيار الذي تعمل عليه. لذا عندما تصل إلى خيارٍ تريده، حرّك العصا إلى الأسفل لانتقاء ذلك الخيار.

- **Brake [الفرامل]** (**صفرة سريعة واحدة**) - يتيح لك ضبط الفرامل (صفرتين سريعتين) أو تعطيلها (صفرة واحدة).
- **Battery [البطارية]** (**صفرتين سريعتين**) - تحدِّد الصفرة الواحدة أن نوع البطارية هو Li-On (أيون الليثيوم) أو Li-Poly (بوليمر الليثيوم)، بينما تحدِّد الصفرتان أن نوع البطارية هو NiMh (النيكل-هدريد المعدن) أو NiCd (النيكل-الكادميوم).
- **Cutoff Mode [صيغة القَطع]** (**ثلاث صفرات سريعة**) - يبلّغ المتحكم الإلكتروني بالسرعة ماذا عليه أن يفعل إذا انخفضت الفولطية، حيث تبلّغه الصفرة الواحدة أن يخفّض الطاقة، على أمل أن يسمح ذلك بحصول هبوط سهل. والصفرتان توقفان البطاريات عندما تجفّ.
- **Cutoff Threshold [عتبة القَطع]** (**أربع صفرات سريعة**) - يعطيك ثلاثة خيارات بشأن كمية الطاقة التي يجب إبقاؤها في الاحتياط عندما يتم استخدام القَطع. صفرة واحدة لكمية منخفضة، وصفرتان لكمية متوسطة، وثلاث صفرات لكمية مرتفعة.
- **Startup Mode [صيغة بدء التشغيل]** (**صفرة طويلة واحدة**) - يضبط السرعة التي تُقلع بها الكوادكوبتر: السرعة Normal [عادية] (صفرة واحدة) تجعل المروحية تنطلق صعوداً بالسرعة القصوى وهي موصى بها للطائرات ذات الأجنحة الثابتة. والسرعة Soft [ناعمة] (صفرتان) تخفّض نطاق الخانق بعض الشيء لكي يُقلع برقّة أكثر. والسرعة Super soft [ناعمة جداً] (ثلاث صفرات) تقدِّم إقلاعاً سلساً أكثر. السرعتان الأخيرتان يوصى بهما للكوادكوبترات.
- **Timing [التوقيت]** (**صفرة طويلة واحدة وصفرة قصيرة واحدة**) - التوقيت الافتراضي هو التوقيت المنخفض (صفرة واحدة)، وهو ممتاز لمعظم المحرّكات. علماً أن المحرّكات العالية الفعالية والمتعددة الأقطاب تستخدم أحياناً توقيتاً متوسطاً (صفرتان) أو مرتفعاً (ثلاث صفرات).
- **Set All to Default [ضبط الكل عند الافتراضي]** (**صفرة طويلة واحد وصفرتان قصيرتان**) - يغيِّر كل الإعدادات السابقة إلى إعداداتها الافتراضية.
- **Exit Program Menu [الخروج من قائمة البرنامج]** (**صفرتان طويلتان**) - يُخرجك من قائمة البرنامج لكي تتمكن من أن تطير!

للمستخدمين الذين يفضّلون دلالةً بصرية بدلاً من واحدة سمعية، يمكنك في أغلب الأحيان شراء "بطاقات برمجة" رخيصة ذات مؤشرات ضوئية، لكي تتمكن من رؤية حالة متحكمك الإلكتروني بالسرعة

بلمحة واحدة. وهذه الطريقة لا تتطلب مرسِلاً فحسب، بل هي أسرع من التنقّل بين مجموعة من الخيارات بواسطة الجويستيك.

المستقبِل

القطعة الثانية في حزمة إلكترونيات الطيران هي المستقبِل (receiver). مثلما ذكرتُ في الفصول السابقة، المستقبِل النموذجي في الواقع ليس مثيراً للاهتمام إلى هذا الحد. وتتميَّز المستقبِلات عن بعضها البعض في أربع نواحي فقط: القنوات، نمط الهوائي، التردّد، والتضمين. لكن الاختيار بين المستقبِلات يعني في أغلب الأحيان مجرد تقرير عدد القنوات التي تريدها.

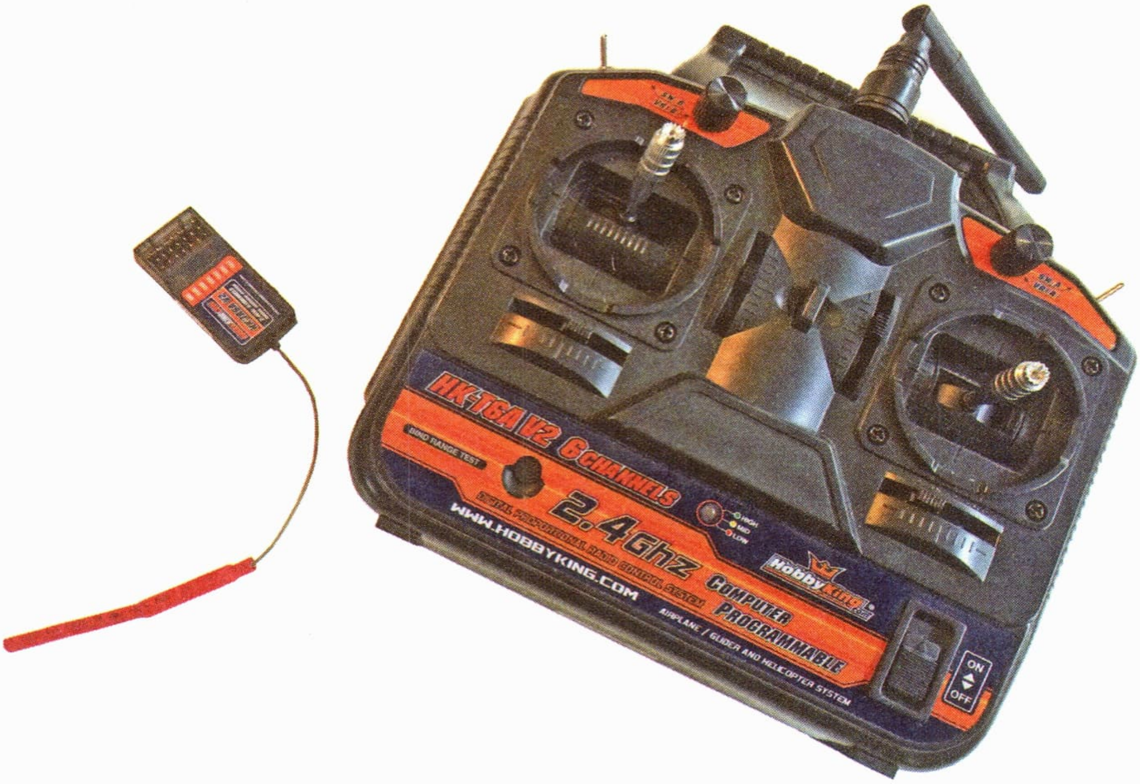
كل قناة عبارة عن دفق منفصل من المعلومات. وهذا يحدِّد عادة عدد الأجهزة المنفصلة التي يمكن التحكّم بها بواسطة المرسِل. لذا يمكن التحكم بمعدات هبوط الطائرة الأساسية جداً على قناة ودفّتها على قناة أخرى. يتراوح عدد القنوات من ثلاثة إلى ثمانية تقريباً في معدات الهاوي العادي؛ وغالباً ما تتضمن المعدات المتطوّرة ما يزيد عن 12 قناة.

المروحيات المتعددة المراوح معقَّدة أكثر لمجرد أنها تتضمن محرّكات أكثر مما يوجد قنوات في العديد من المستقبِلات. يتولى متحكم الطيران عملية إدارة المحرّكات المنفصلة، ويتصل المستقبِل بمتحكم الطيران. وبدلاً من التحكم بالمحرّكات مباشرةً، يعمل المرسِل في مصطلحات الطيران - التدحرج، الانعراج، ودرجة الانحدار - كما يتحكَّم بالخانق. **التدحرج** (roll) هو البرم حول المحور Y (ص) - تخيَّل سهماً يبرم أثناء طيرانه في الهواء. و**الانعراج** (yaw) هو البرم حول المحور Z (ع)، مثل الخذروف (spinning top)، الفُرفيرة أو البلبل). و**درجة الانحدار** (pitch) هي البرم حول المحور X (س) (حركات شقلبة). يتحكّم الطيّار بهذه العوامل الأربعة ويتعلَّم كيف يقود بتغيير الانعراج.

بسبب هذه الطريقة المبسَّطة لقيادة متعددات المحرّكات، ستحتاج إلى أربع قنوات فقط لتتحكم حتى بمروحية ذات ثمانية محرّكات. فإذا كنت تطيِّر كوادكوبتراً، سيكون من المُبالغ به شراء مستقبِلٍ ذي 16 قناة ثمنه 100$.

المستقبِلات فائقة البساطة. فهي تبقى بانتظار الإشارة الصحيحة على التردّد الصحيح ثم تُرسل تعليمةً إلى متحكَم الطيران أو المتحكمات الإلكترونية بالسرعة. أما المرسِل فهو المكان الذي يمكن إيجاد الإثارة الحقيقية فيه.

خلاصة القول هي أنك يجب أن تشتري المستقبل الذي يلائم مرسلك. وإذا لم تكن تملك مرسِلاً، اشترِ مجموعةً تحتوي على مرسِل ومستقبِل. هناك مثال أراه يُذكَر في أغلب الأحيان - والذي أقترحه بنفسي أيضاً - هو HobbyKing HK-T6A. هذه مجموعةٌ تتضمن مرسلاً ومستقبلاً ذا ست قنوات 2.4 غيغاهرتز ثمنها حوالي 25$ (راجع الشكل 8-7). إنها أرخص مجموعة متوفرَة تقريباً، مما يجعلها رائعة للهواة!



الشكل 8-7 المستقبِل HobbyKing الذي استخدمتُه في هذا الكتاب نموذجيٌ نوعاً ما لمستقبِلٍ سداسي القنوات.

متحكم الطيران

متحكم الطيران (flight controller، أو FC) هو دماغ الكوادكوبتر، ويتألف عادة من متحكم صُغري مضافة إليه مستشعِرات مختلفة، كمقياس التسارع مثلاً، وبارومتر، ومقياس المغنطيسية، الخ - مبدئياً أي شيء قد تحتاج إليه الكوادكوبتر لكي تطير آلياً (بشكل مستقل بذاتها).

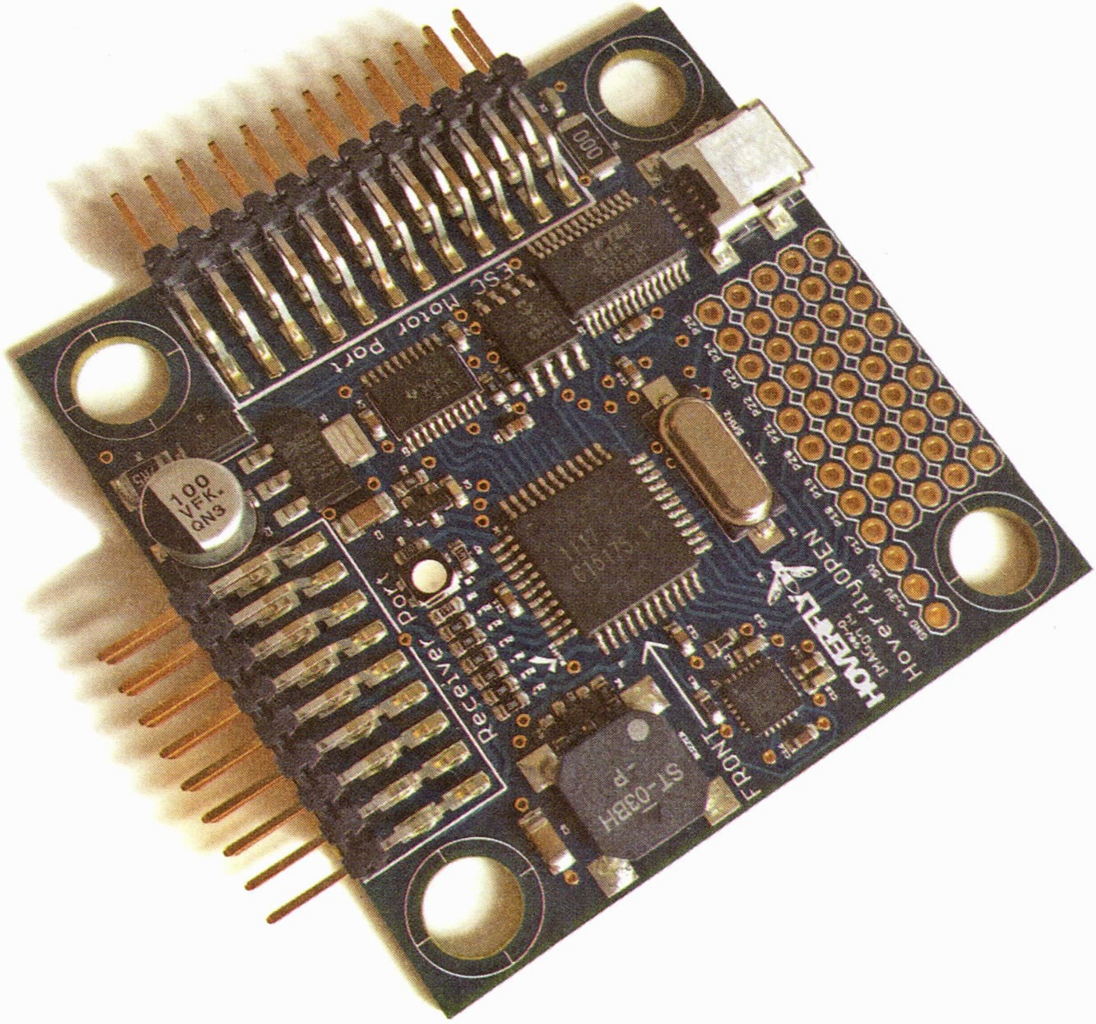
لكن حتى أبسط متحكمات الطيران يمكنها أن تساعدك، حتى خلال الرحلات المتحكَّم بها يدوياً. فمتحكمات الطيران عادة تُبقي المركبة مستقيمة تلقائياً، مما يسمح للمشغِّل بأن يركِّز على القيادة وليس على مجرد إبقاء الطائرة بدون طيّار في السماء.

والكثير من ميزاتها مستقلة بذاتها. مثلاً، لست مضطراً إلى فعل أي شيء مع مرسلك لوضعه في صيغة إبقاء المروحية مستقيمة تلقائياً؛ فهو يفعل ذلك في الخلفية لكي تتمكن من التمتّع بالطيران.

يمكن أيضاً ضبط متحكمات الطيران لكي تنفِّذ بعض الخطوات تلقائياً إذا حدث أي خلل. فإذا شعرت المركبة أنها تسقط من السماء، مثلاً، يمكنه نشر مظلّة (فتحطّم الكوادكوبترات حقيقةٌ حزينةٌ للهواة).

أمثلة عن متحكم الطيران

تناقش الأقسام التالية ثلاثة متحكمات طيران، هي مجرد عيّنة عن المنتجات المختلفة العديدة في الأسواق.



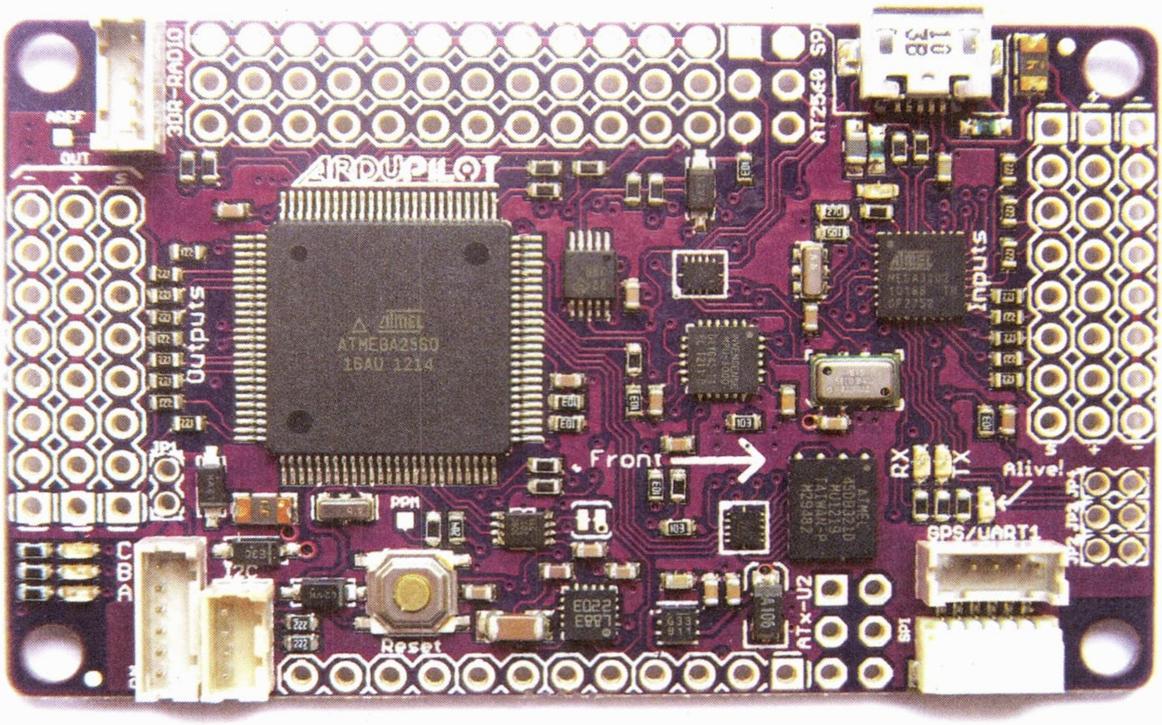
الشكل 8-8 يتصل متحكم الطيران HoverflyOPEN بالمتحكمات الإلكترونية بالسرعة والمستقبِل.

HoverflyOpen

الـــــ Hoverfly، المبـــيَّن في الـــشكل 8-8، جزءٌ من عائلة متحكمات مرتبطة ببعضها، تتراوح من HoverflyOPEN البـــسيط ذي الحد الأدنى إلى HoverflyPRO الذي يتضمن نظام تموضع عالمي مبيَّت وثمنه 900$.

يمكـــن ضـــبط تكوين HoverflyOPEN ليخدم كمتحكم طيران للكوادكوبترات والهكساكوبترات (مـــروحيات سداســـية المـــراوح) والأوكتوكوبترات (مروحيات ثُمانية المراوح)، ويمكن مزاوجته مع أي تركيبة مرسِل/مستقبل خماسية القنوات. حتى أن Hoverfly يقدِّم متحكماً مصغَّراً للمحورانية فقط، وهي قطعة للكاميرا قابلة للتحريك يضيفها العديد من هواة الكوادكوبتر إلى طائراتهم بدون طيّار.

يمكنك تعلّم المزيد عن منتجات Hoverfly على /http://www.hoverflytech.com/controllers.



الشكل 8-9 يجمع Ardupilot بين ميزة الأجهزة المفتوحة المصدر وبين إثارة الطائرات بدون طيّار!

Ardupilot

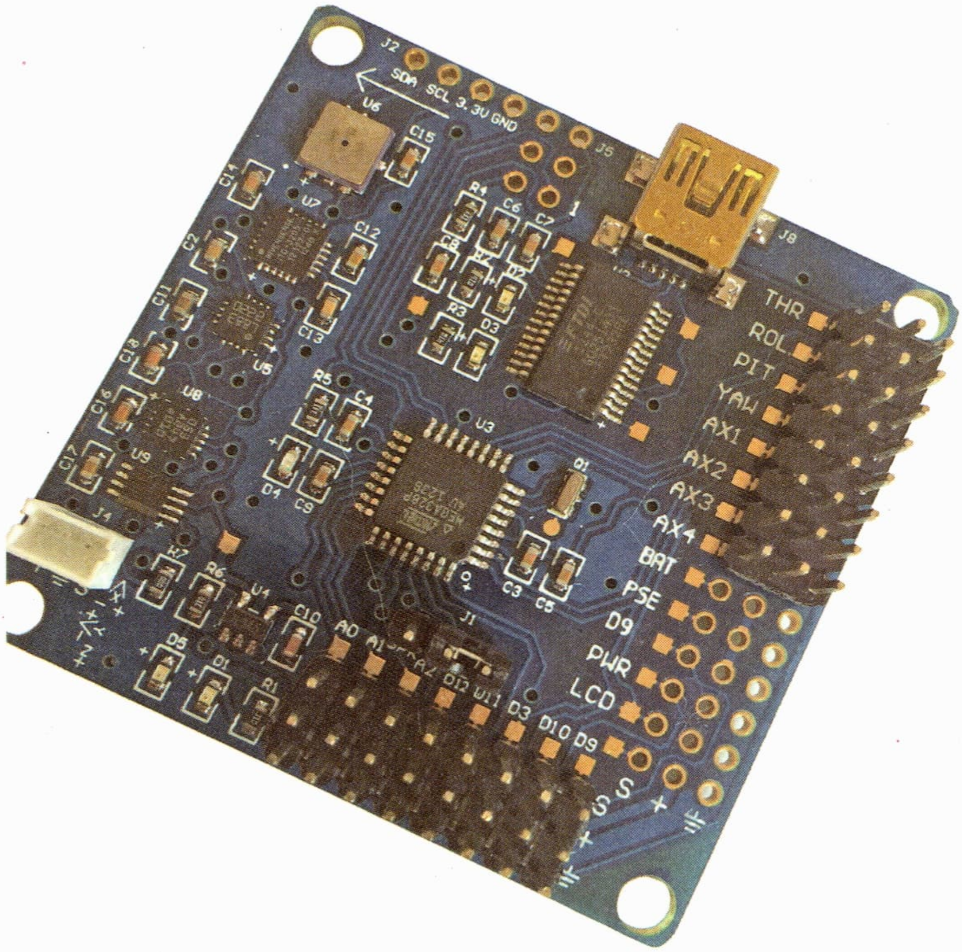
مــثالٌ آخر عن متحكمات الطيران هو Ardupilot، وهو طيّار آلي يتم التحكّم به ببطاقة أردوينو... مثلما قد تتوقع (راجع الشكل 8-9). تم إنشاء المنصة في العام 2007 من قِبل المجتمع DIYDrones، وهو منتدى على الانترنت لعشّاق الطائرات بدون طيّار.

كانت الإصدارات السابقة تتألف من بطاقات أردوينو ذات وظائف إضافية تسمّى "دروع" (shields)، متخصــصة لتوصيل المحرّكات المؤازِرة والمتحكمات الإلكترونية بالسرعة ومرصّعة بمستشعِرات كمقياسات التــسارع ومقياســات المغنطيسية مثلاً. لاحقاً، تم وضع رقاقة الأردوينو مباشرة على نفس لوحة الدارات كبقية المكوّنات، مما وفّر المساحة وخفّض الوزن.

هــناك ناحــية جميلة في المشروع، وتُعتبر علامةً فارقةً في حركة الأجهزة المفتوحة المصدر، هي أن أي شــخص يــستطيع أن يــساهم في المــشروع Ardupilot، وقد تم تحقيق فوائد عديدة مفاجئة، من بينها ArduRover و ArduPlane و ArduCopter، وكلــها لــوحات متخصــصة مصممة لأنواع محدَّدة من الطائرات بدون طيّار. يمكنك تعلّم المزيد على Ardupilot.com.

MultiWii

MultiWii هو متحكم طيران بسيط ورائع مصمَّم أصلاً لتمكين المستخدمين من قيادة الطائرات بدون طــيّار باستخدام نَنتشوكات Wii ومتحكمات Motion Plus (راجع الشكل 8-10). وقد نقلته الجهود اللاحقة إلى عالم المرسِلات والمستقبِلات السائد أكثر، رغم أن برنامج الــ Wii لا يزال يدعمه.



الشكل 8-10 استخدمتُ MultiWii في مشروع الكوادكوبتر.

يتضمن MultiWii رقاقة متحكم صُغري Atmega 328P مبيَّتة ضمن اللوحة، وهو نفسه المُستخدَم في الأردوينو UNO. يحتوي على ما يصل إلى ثمانية منافذ محرّك ومنفذَين محرّك مؤازِر: مقياس تسارع وجيروسكوب.

هناك عدة أصناف مختلفة من اللوحات MultiWii تُباع في متاجر مختلفة عديدة - فكونه مشروعٌ مفتوح المصدر، يستطيع أي شخص تقديم أجهزة خاصة به متوافقة مع MultiWii. يمكنك أن تتعلّم المزيد عن مبادرة البرنامج على MultiWii.com. كما يمكنك شراء نفس اللوحة MultiWii التي اشتريتُها بنفسي، وهي متوفرة في موقع الويب HobbyKing.com وثمنها حوالي 30$.

تركيب إلكترونيات الطيران

دعنا نتابع مشروع الكوادكوبتر بإضافة المكوّنات المشروحة مسبقاً في هذا الفصل: المتحكمات الإلكترونية بالسرعة، والمستقبل، والمتحكم. سنعالجها الواحد تلو الآخر. لكنك لن توصل أسلاك كل شيء ببعضه البعض فعلياً قبل الفصل 10.

القطع

ستحتاج إلى القطع التالية لتركيب إلكترونيات الطيران. باستثناء البند الأخير، كلها بنودٌ يمكنك الحصول عليها من أي متجر مركبات أو متجر أجهزة كبير.

- مثقاب وريشاته
- رباطات فيلكرو
- ربطات بلاستيكية
- شريط مزدوج الجوانب
- أربعة براغي 4# × 2.5سم مع فلكات وعزقات
- أربعة مباعِدات 4# × 1سم (SparkFun رقم القطعة 10461)

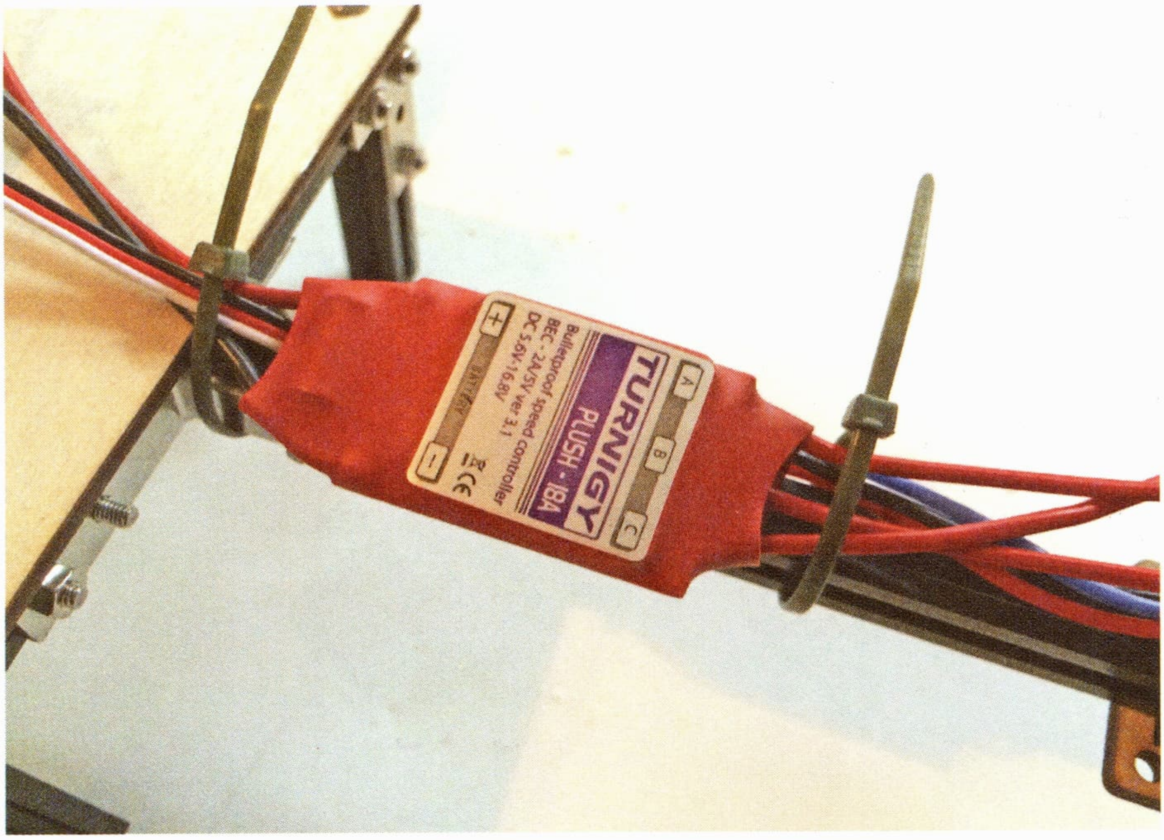
تركيب المتحكمات الإلكترونية بالسرعة

استخدم رباطات الفيلكرو أو الربطات البلاستيكية لتثبيت القطع بالأذرع، لكن افعل ذلك بشكل غير مُحكم، كما هو مبيَّن في الشكل 8–11، لكي يظل بإمكانك إزالة المتحكمات الإلكترونية بالسرعة. ستُضيف موصلات خاصة إلى كل الأسلاك في الفصل 10. وبعدما تصبح تلك الموصلات في مكانها، يمكنك شدّ الربطات بإحكام.

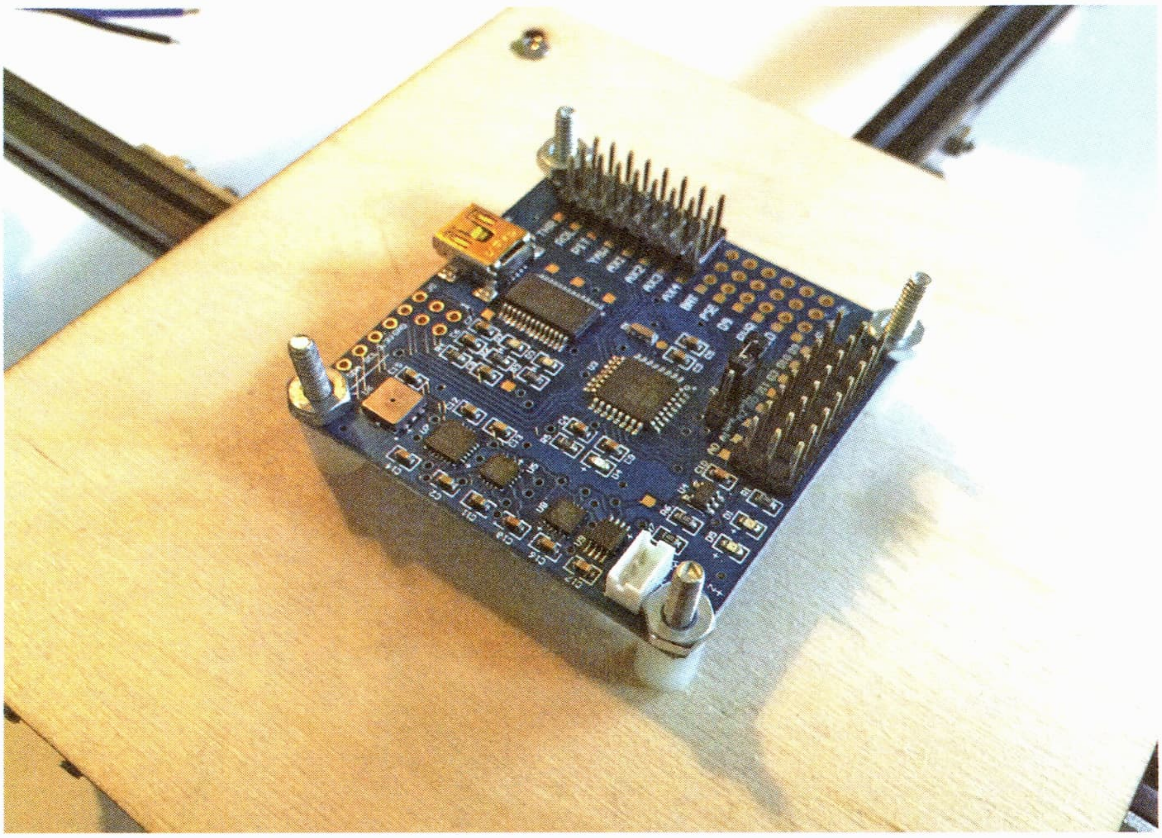
لا داعي للقول إنه عليك وضع المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بحيث تكون أسلاك المحرّكات الثلاثة أقرب ما يمكن إلى المحرّكات، وأسلاك الطاقة والبيانات قريبة من وسط المروحية. قد ترغب أيضاً بوضع المتحكمات الإلكترونية بالسرعة على الجانب السفلي للأذرع؛ فهذا يُبقي الجزء العلوي يبدو نظيفاً ويضع المتحكمات الإلكترونية بالسرعة قريبةً من البطارية، التي ستُضاف إلى أسفل المربع الخشبي.

تركيب متحكم الطيران

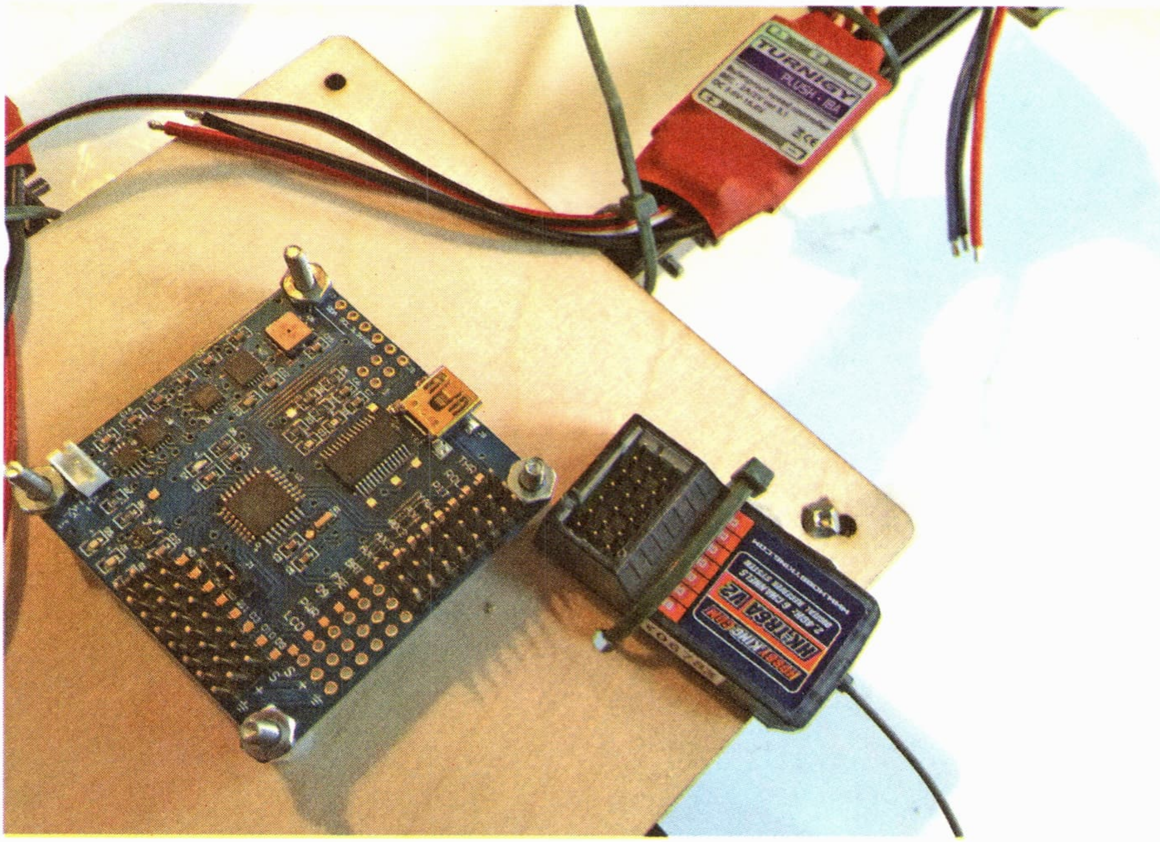
تتضمن لوحة متحكم الطيران MultiWii أربعة ثقوب تركيب. استخدمها لتضع علامات على الخشب ثم احفر ثقوباً في الخشب موازية للثقوب على اللوحة. ثبّت أربعة براغي 4# مع فلكاتها من الأسفل، ثم ثبّت مباعِدات النايلون. أخيراً، ضع MultiWii على البراغي وثبّتها بالعزقات. يجب أن يشبه الشكل 8–12.



الشكل 8-11 لا تشدّ الربطات البلاستيكية بشكل مُحكم.



الشكل 8-12 احفر ثقوباً ووصِّل MultiWii بالبراغي والمباعِدات.



الشكل 8-13 أدخِل ربطةً بلاستيكيةً في الثقوب لتثبيت المستقبِل.

تركيب المستقبل

المستقبِل المستخدَم هنا لا يتضمن أي خيارات تركيب ما عدا ربطة بلاستيكية، رغم أن الاستعانة بشريط مزدوج الجوانب قد يفي بالغرض. احفر الثقوب الملائمة في الصفيحة الخشبية ثم مرّر ربطةً بلاستيكيةً في الثقوب، كما هو مبيَّن في الشكل 8-13.

الخلاصة

لقد شرح لك هذا الفصل كيفية تركيب إلكترونيات الطيران، والتي تتألف من المتحكمات الإلكترونية بالسرعة، والمستقبِل، ومتحكم الطيران. كما تعلّمت كيفية تخصيص الإعدادات على متحكمات السرعة لجعلها تعمل بشكل أفضل مع مشروعك. ستستكشف في الفصل 9 مجموعةً من الأدوات الأساسية لبناء الطائرات بدون طيّار التي قد تحتاج إليها.

9

أدوات صانع الطائرة بدون طيّار

لقــد ذكر هذا الكتاب الكثير من الأدوات حتى الآن، الكبيرة والصغيرة على حد سواء. وسيغطي هذا الفصل بعض الأدوات والمعدات التي ستحتاج إليها. وقد قسَّمتُ تلك الأدوات إلى عدة فئات:

- **للتصميم** – تغطي الأدوات لتخطيط وتصميم طائرتك بدون طيّار
- **للقيادة** – تصف مفكات البراغي وبقية المعدات المخصصة للمسامير الملولبة
- **للقياسات** – تحدِّد الأطوال والعروض والأقطار، الخ
- **للقصّ** – إنها الأدوات التي تحتاج إليها لكي تقصّ وتَحفر الثقوب
- **للأسلاك** – الأدوات لمساعدتك على العمل مع الإلكترونيات
- **للتوصيل** – الغراء، الأشرطة اللاصقة، والحلول الأخرى لتثبيت الأشياء
- **للتصنيع الرقمي (CNC)** – تناقش الآلات المتحكَّم بها رقمياً بمساعدة الكمبيوتر مثل القاطعات الليزرية، الطابعات الثلاثية الأبعاد، المطاحن، الخ

فئة التصميم

الخطــوة الأولى في أي مــشروع هي تصميمه. فترسمه على الورق أولاً، ثم تنتقل إلى الكمبيوتر لتنفيذ التصميم الفعلي. على الأقل هذه هي الطريقة التي تلائمني! إليك بعض الأدوات التي ستحتاج إليها:

- **أقلام** – حتى ولو كنت تُبقي ملاحظاتك على الكمبيوتر دائماً، يجب أن تحتفظ دائماً ببعض أدوات الرسم التقليدية، كما هو مبيَّن في الشكل 9–1، حتى لمجرد تعليم الأشياء التي تريد قصّها.
- **مفكرة وورق ذو مربعات** – ستحتاج إلى ورق لكل تلك الأقلام. إنني أستخدم مفكرة إنشاء، كتلك المبيَّنة في الشكل 9–1، لكنني أستخدم أيضاً ورقاً مسطَّراً في مربعات (بمعنى آخر، ورق ذو مربعات).

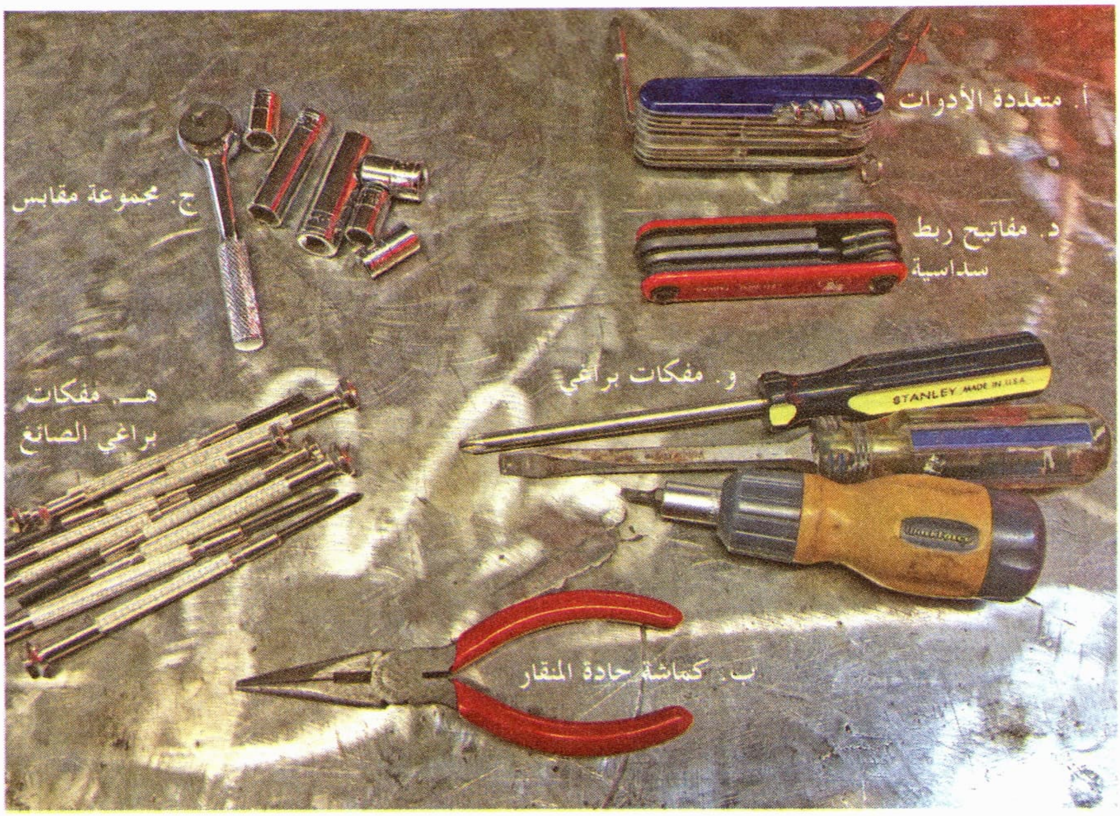


الشكل 9-1 الأرجح أن تصميم مشروعك التالي سيستخدم ورقةً وقلماً.

- **Fritzing** – أنا أحب هذا البرنامج المفتوح المصدر، الذي يمكن تنزيله من Fritzing.org. وأستخدمه لتنفيذ رسوم شبكات أسلاكي (الموجودة في كل أرجاء هذا الكتاب) وكذلك لتصميم لوحات الدارات من أجل تصنيع لوحات دارات مطبوعة خاصة بي.
- **Inkscape** – إنكسكيب (Inkscape.org) يشبه أدوبي إللستريتر أو كورال درو للأشخاص الذين لا يريدون (أو لا يستطيعون) إنفاق الكثير من المال. كل هذه البرامج الثلاثة هي برامج للرسوم المتّجهية، مما يعني أن كل شيء تنشئه فيها يكون ممثّلاً كسلسلة من المنحنيات والخطوط والأشكال. قارن هذا ببرنامج للفن المتسامت مثل فوتوشوب، الذي يسجِّل صوره على هيئة صورة فوتوغرافية. أغلب استخداماتي لإنكسكيب هي لإنشاء تصاميم للقاطعة الليزرية.
- **SketchUp** – إنه برنامج شعبي آخر يستخدمه صانعو الروبوتات، وهو برنامج نمذجة ثلاثية الأبعاد مع مكتبة ضخمة من الأشكال. وسواء كنت تريد تصميم ناطحة سحاب بالمقياس الكامل أو مجرد تصميم خزانة الملابس التي لطالما حلمتَ بها، فإن SketchUp هو الحل الأنسب لك. يتوفر في إصدارات مجانية وتجارية، مع أطنان من الميزات الجميلة غير المُقفلة في الإصدار المحترف.

فئة القيادة

يكفينا تصميم – دعنا نغوص لنرى بعض الأدوات والمعدات الفعلية. سأكرِّس هذا القسم للمفكات ومفاتيح الربط للعزقات والمسامير الملولبة، الخ. انظر الشكل 9-2.



الشكل 2-9 المفكات هي قُوت صانع الطائرة بدون طيّار.

أ. **متعددة الأدوات (multitool)** – كل صانع طائرات بدون طيّار، وكذلك كل مدمن تعلّم يحترم نفسه، يجب أن يملك متعددة أدوات. إنني أستخدم هذه الأداة الجميلة SOG Tools رقم B61، التي تتضمن 22 أداة في حزمة نشيطة جداً (والتي قد يصفها البعض بالثقيلة).

ب. **كماشة حادة المنقار** – رائعة لالتقاط الأشياء الصغيرة أو الوصول إلى أحشاء المشروع.

ج. **مجموعة مقابس** – مجموعة المقابس SK (رقم القطعة 91848) جميلة جداً. تذكّر أنك لست بحاجة إلى أي شيء فاخر. فلن تستخدمها كل يوم في البداية، لكن عندما تبدأ العمل على طائرات بدون طيّار أكبر فيها أجهزة أثقل، ستكون سعيداً جداً بامتلاكها.

د. **مفاتيح ربط سداسية** – يستخدام الكثير من معدات الطائرة بدون طيّار مسامير ملولبة سداسية، مع أحجام تتراوح من صغيرة جداً إلى كبيرة نوعاً ما. وفقاً لذلك، ستحتاج إلى نطاق عريض من مفاتيح الربط السداسية (معروفة أيضاً بـــ "مفاتيح ربط Allen"). إنني أملك عدداً منها، وأجد دائماً أحجاماً جديدة لا أملكها. أفضل حل لك هو أن تستثمر في مجموعة كبيرة من مفاتيح الربط القياسية والمترية. يمكنك الحصول على مجموعة تتضمن 30 قطعةً بأقل من 20$.

هـــ. **مفكات براغي الصائغ** – العديد من قطع الطائرة بدون طيّار صغيرة جداً، لذا فإن مفكات البراغي هذه الصغيرة جداً أيضاً ضرورية. إنني أستخدم Tekton (رقم القطعة 2987)، الذي ينفّذ المهمة بشكل جيد نوعاً ما، ويتضمن مفكات قياسية ومفكات فيليبس (متصالبة)، بالإضافة إلى مفكات سداسية ذكرية وأنثوية أيضاً.

و. **مفكات براغي** – إنني أستخدم مفكات البراغي التقليدية القديمة طوال الوقت في مشاريعي. وأنا أكيد أنك تملك العديد منها مسبقاً، لكنك ستريد مفكات قياسية ومفكات فيليبس أيضاً، مع تشكيلة متنوعة من الأحجام.

فئة القياسات

عندما تبني طقماً جاهزاً، لست مضطراً إلى قياس أي شيء، لأن شخصاً آخر قد فعل لك ذلك من قبل. لكن عندما تبني روبوتاً خاصاً بك، ستحتاج إلى أن تكون قادراً على قياس الأشياء بدقة. يبيِّن الشكل 9-3 الأدوات التي أستخدمها:

أ. **مسماك (caliper)** – ستستخدمه لقياس أقطار أو عروض الأشياء. إنه رخيص جداً في الواقع؛ حيث يمكنك الحصول على مِسماك غير متكلّف بأقل من 25$. إنني أستخدم مِسماكي طوال الوقت.

ب. **مسطرة** – ستحتاج دائماً إلى مسطرة قصيرة. والمسطرة المبيَّنة هنا من Adafruit (رقم القطعة 1554) ممتازة لعشّاق الإلكترونيات لأنها تتضمن ميزات لوحة الدارات كالقياسي من خلال الأقطار، وعروض العلامات، والآثار لكل الحزمات الإلكترونية الاعتيادية ذات التركيب السطحي.

ج. **منقَلة (protractor)** – مجرد أداة لقياس الزوايا. يمكنك إيجاد منقَلات رخيصة بين لوازم قرطاسية المَدرسة، أو منقَلات أجمل في متاجر الأجهزة.

د. **شريط قياس** – إنه إحدى تلك الأدوات الضرورية جداً. ولا داعي لأن يكون شريطاً كبيراً إلا إذا كنت تعمل على روبوتات يصل طولها إلى 3 أمتار. لذا فإن أحد أشرطة القياس الصغيرة التي تُباع بأقل من 5$ سيفي بالغرض تماماً.

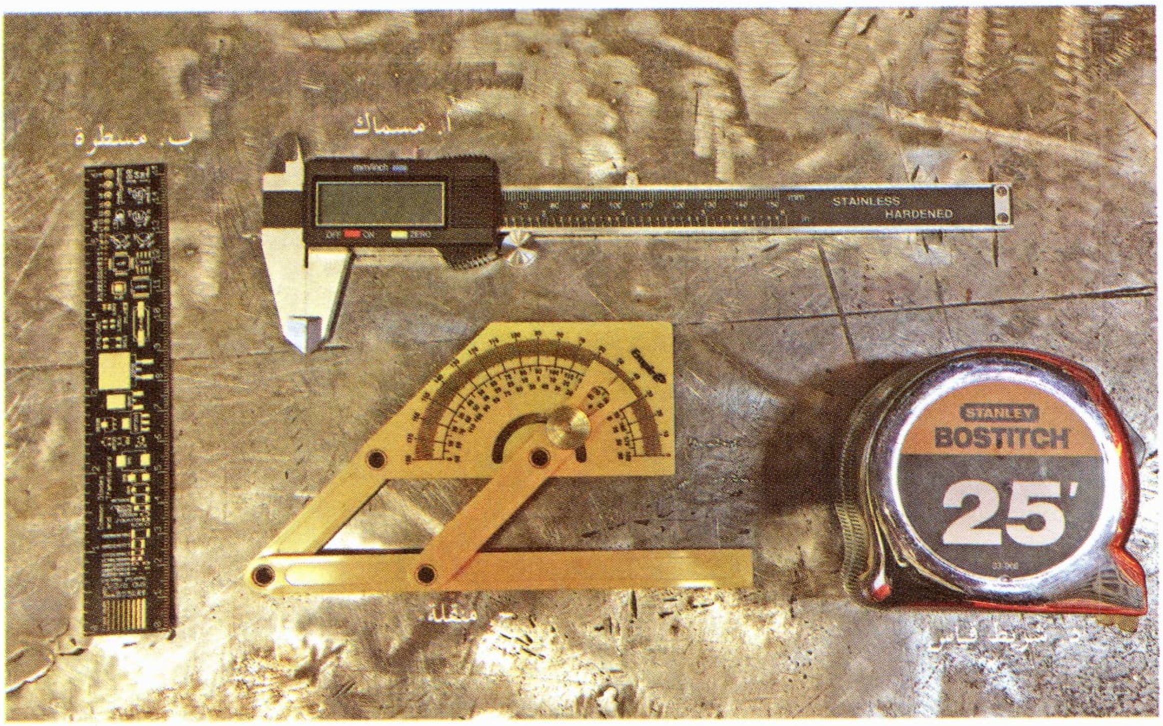
فئة القصّ

حتى عندما تتعامل مع الأطقم الجاهزة، ستحتاج في أغلب الأحيان إلى قصّ الأشياء. لذا فوجود تشكيلة من الأدوات، كما هو مبيَّن في الشكل 9-4، سيساعد على تحسين نتائج عمليات القصّ التي تقوم بها.

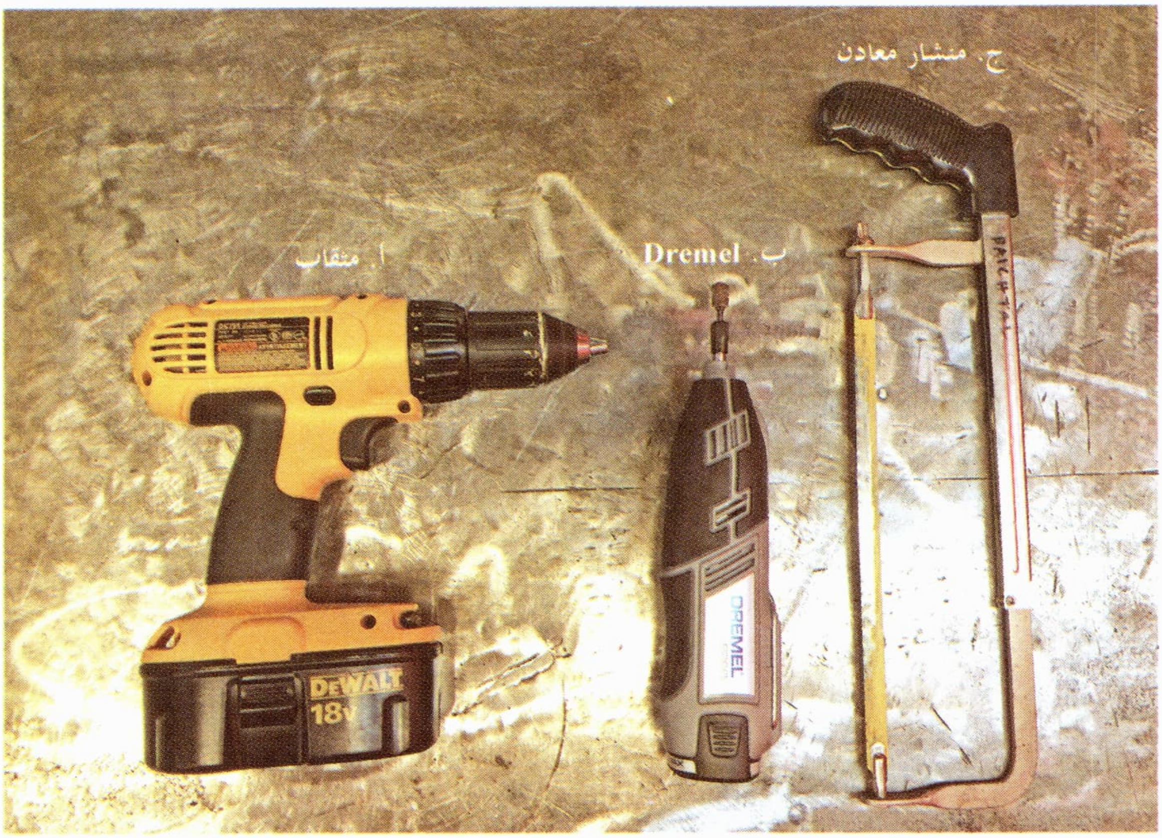
أ. **مثقاب** – هذا المثقاب نوع DeWalt هو الأداة المفضّلة لديّ، وأجد نفسي أستخدمه للروبوتيات أَيضاً. صحيح أنه يُستخدَم في الأغلب لحَفر ثقوب صغيرة، لكن أيضاً لتركيب البراغي في الخشب – لأن مَن منا يريد استخدام مفك براغي هذه الأيام؟

ب. **Dremel** – هذه الأداة الدوَّارة من غير سلك Dremel المفضّلة لدى كل الهواة (رقم القطعة 8220) رائعة للقص والصقل والحَفر، الخ.

ج. **منشار معادن** – عندما تتعامل مع معادن، ستحتاج دائماً إلى منشار معادن.



الشكل 9-3 تأكد من إبقاء وسائل مختلفة للقياس في صندوق أدواتك.



الشكل 9-4 القدرة على قصّ وثَقب الخشب والبلاستيك والمعدن ضرورية.

رغم أنها غير مبيَّنة في الشكل 9–4، إلا أن السكاكين X-Acto هي أداة أخرى ستحتاج إليها. فهذه الشفرات رائعة للأعمال الدقيقة، كقص موصل بلاستيكي هشّ أو فَصْل قطعة بلزا مقصوصة بالليزر.



الشكل 9-5 هل تعمل في مجال الإلكترونيات؟ اشتر هذه الأدوات.

فئة الأسلاك

الخطــوة التالية هي توفير عدة بنود قد تحتاج إليها في أعمالك الإلكترونية (راجع الشكل 9-5). ولأنني ناقشتُ معدات التلحيم من قبل في الفصل 7، سأشمل هنا تذكيراً فقط.

أ. **مزوِّد طاقة** – عندما يريد أحدنا تزويد نموذجه الأولي بالطاقة، تكون رغبته قوية بتوصيل البطارية التي ستُستخدَم على الأرجح عندما ينتهي المشروع. لكن تصحيح العيوب بينما تفرغ البطاريات يمكن أن يكون سبباً للمشاكل. يقدِّم مزوِّد الطاقة تغذيةً لا نهاية لها لكهرباء التيار المستمر، فيتمكن المستخدم من تعديل الفولطية والأمبيرية لتلائم احتياجات المشروع. ورغم أن مزوِّد الطاقة ليس إلزامياً للمبتدئين، إلا أنه مريح بالتأكيد. إنني أثق بهذا المزوِّد Extech 382202، الذي يُباع بحوالي 100$.

ب. **قاطع أسلاك** – سوف تعمل مع أسلاك، ويُعتبر قاطع/مُعرِّي الأسلاك هذا Vice Grip (رقم القطعة 2078309) أداةً رائعةً متعددة الاستخدامات.

ج. **مُعرِّي الأسلاك التلقائي** – أنا أحب مُعرِّي الأسلاك هذا الذي ليس له إسم. كل ما عليك فعله هو وضع السلك في فكّه وإغلاق الأداة، وسيتم نزع المادة العازلة عن طرفه تلقائياً.

د. **معدات تلحيم** – لقد ناقشتُ التلحيم من قبل في الفصل 7، لذا فإن هذه المكواة بديلةٌ لكل الأمور التي أوصيتُك بها في ذلك القسم.



الشكل 9-6 هل تحتاج إلى توصيل شيء والبراغي لا تنفع؟ قد يكون الحل استخدام إحدى هذه الأدوات.

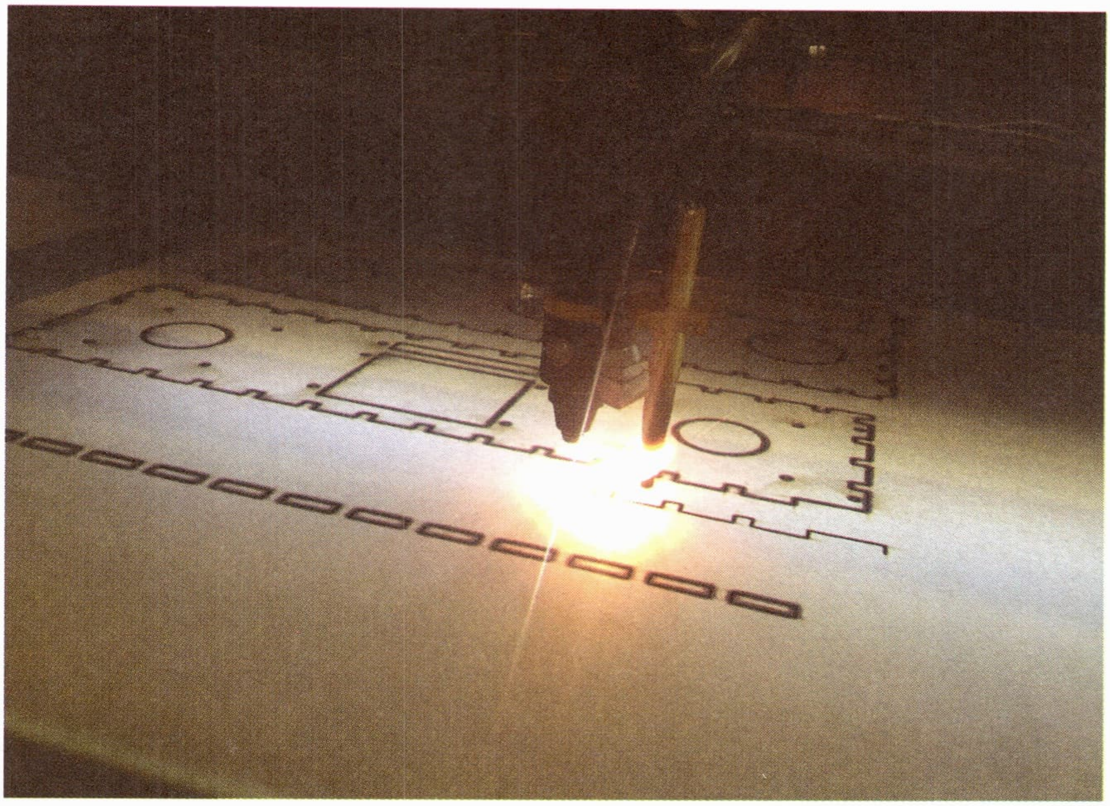
هـ. **مقياس متعدد** - هذه الأداة المفيدة تقيس الفولطية، المقاوَمة، الموَصّلية، ونواحي أخرى في عالم الإلكترونيات. أقترح عليك BenchPro BP-1562، الذي يُباع لدى Jameco Electronics. إنه مقياس أساسي رائع سيلبي احتياجاتك بحوالي 10$. والمقياس Fluke المبيَّن في الشكل أجمل بكثير وثمنه حوالي 80$.

فئة التوصيل

مـن المآسـي الحزينة التي يعاني منها كل صانع طائرة بدون طيّار أن البراغي والعزقات لا تعمل دائماً. فتضطر أحياناً إلى استخدام الغراء الساخن، أو شريط لاصق مزدوج الجوانب، أو ربطات بلاستيكية لتثبيت قطع الطائرة بدون طيّار. تقبّل بسرور هذه الحقيقة مع هذه الخيارات الرائعة، المبيَّنة في الشكل 9-6.

أ. **شريط لاصق مزدوج الجوانب** - إنني أستخدم هذا الشيء كثيراً. اشتر دائماً النوع ذي الرغوة (إنني أثق بالشريط اللاصق نوع سكوتش عرض 2.5 سم) وليس النوع الشفاف وعلى جهتيه مادة لاصقة. فالشريط ذو الرغوة يمكن نزعه من دون أن يترك آثاراً مزعجة.

ب. **غراء قوي جداً** - إنني أستخدم الحاويات الصغيرة الفعّالة لمجرد استخدامها لمرة واحدة، لأنه من الحماقة الظن أنه يمكنك إعادة إغلاق وإعادة استخدام أنبوب غراء قوي جداً. الأرجح أنه سيجفّ أو يلتصق الغطاء بالأنبوب بشكل دائم.



الشكل 9-7 أفضل طريقة لقصّ الخشب هي بواسطة الضوء.

ج. **ربطات بلاستيكية** – إنها الأداة المفضّلة لدى الجميع لربط أي شيء. يمكنك الحصول على كيس يحتوي على أعداد كبيرة منها من أي متجر أجهزة.

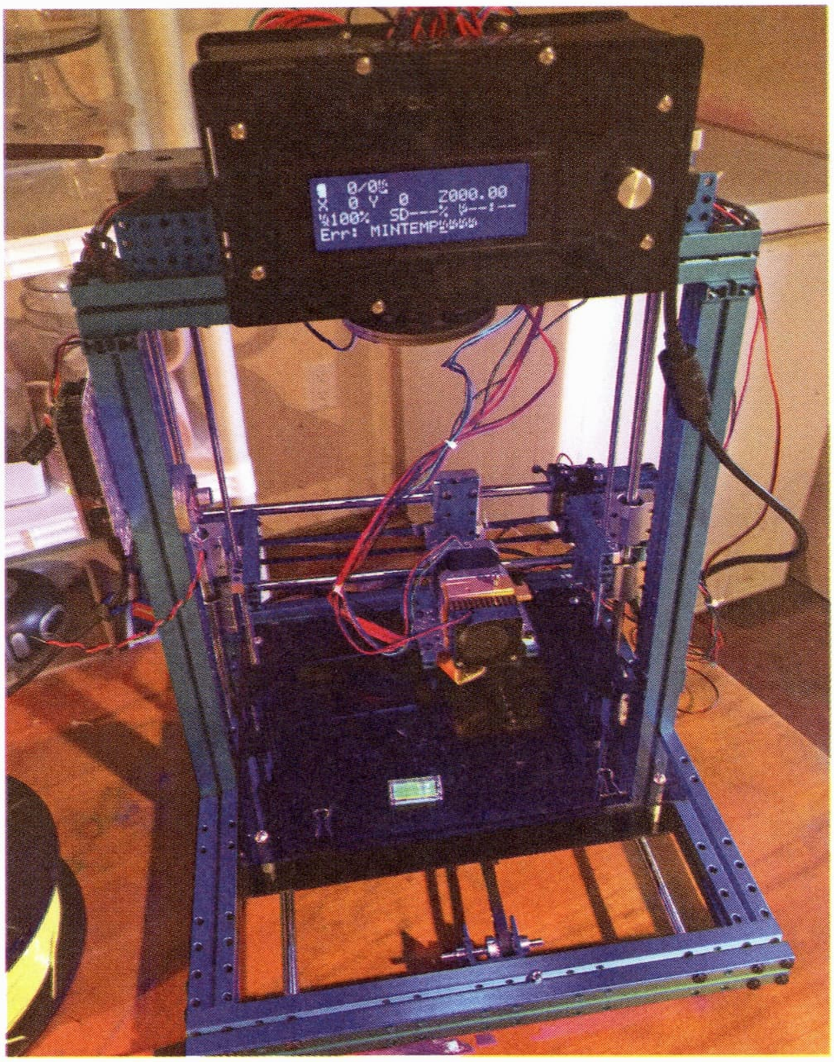
د. **فيلكرو (Velcro)** – إنها طريقة رائعة لإدارة الأسلاك. فهي تعطي نفس النتيجة كالربطات البلاستيكية، لكنها قد تكون أنيقة أكثر بقليل.

هـ. **غراء ساخن** – يجب أن يملك الجميع مسدس غراء ساخن.

فئة التصنيع الرقمي

أخيراً، أريد أن أقدّم دليلاً إلى عدة بنود معقّدة ومكلفة أعتبرها مفيدةً جداً لكل شخص عادي يريد بناء طائرة بدون طيّار. ورغم أن الكثير من هذه الآلات مكلفٌ جداً – أكثر من 10,000$! – إلا أن هناك أصناف مؤاتية أكثر للميزانية، وكذلك بدائل لامتلاكها. إنني أتكلم في الحالة الثانية عن مكتبات الأدوات، وكليات المجتمع، ونوادي المطوّرين (hackerspaces؛ وهي مؤسسات متلهّفة لجعلك تستعير بدلاً من أن تشتري). إليك بعض الفئات الأكبر لأدوات التصنيع الرقمي:

- **قاطعة ليزرية** – تُستخدَم هذه الأداة (المبيّنة في الشكل 9–7) لقصّ البلاستيك والخشب، وفقاً لتصميم كنت قد أنشأته في برنامج رسوم متّجهية مثل إنكسكيب. هذا رائع لصانعي الطائرات بدون طيّار لأنها تتيح لهم التعلّم من استكشافات الآخرين. هل تريد هيكل طائرة بدون طيّار مقصوصٌ بالليزر؟ يمكنك إيجاد عدد من التصاميم المنشأة من قبل والمتوفرة للتنزيل على الانترنت.



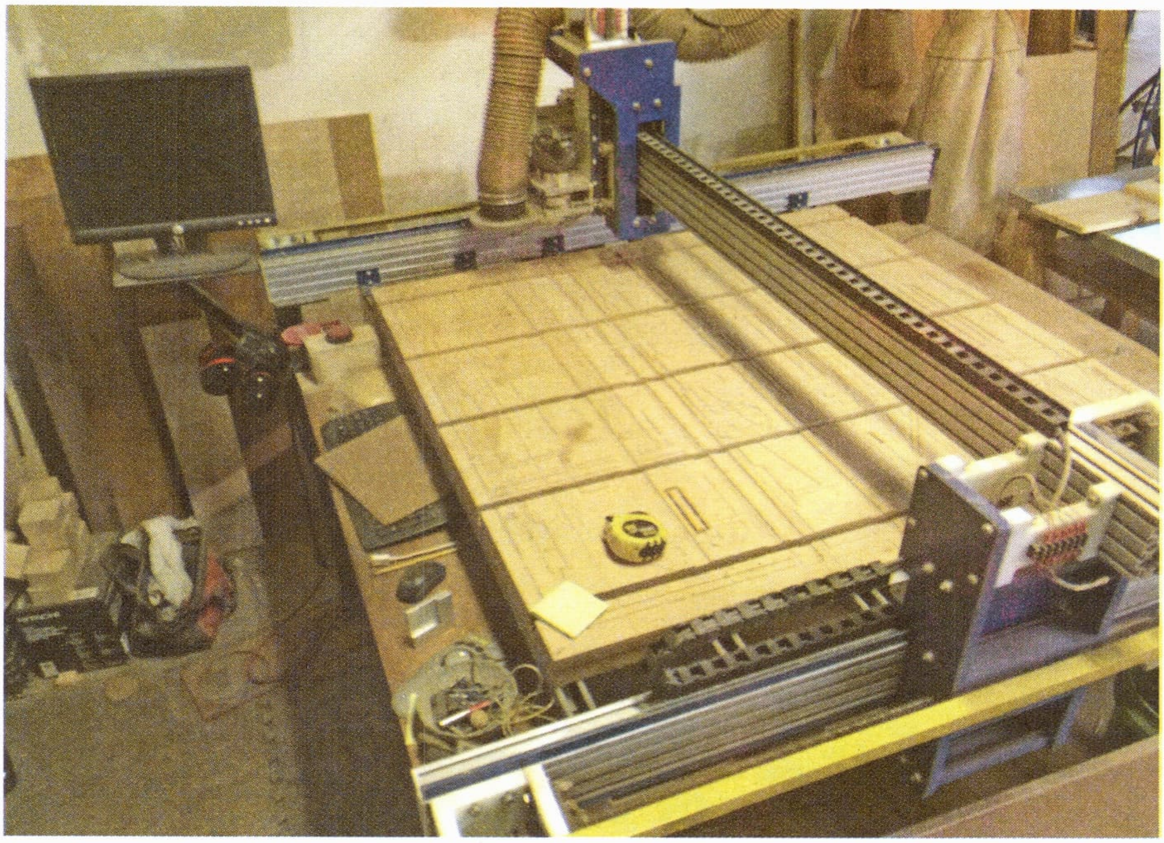
الشكل 9-8 تعطيك الطابعة الثلاثية الأبعاد أشكالاً ثلاثية الأبعاد مصنوعة من البلاستيك.

الليزر يقصّ بنظافة ودقة، مما يتيح لك تركيب قطعٍ معقَّدةٍ من دون كثير من الغراء أو الموصلات الأخرى.

- **طابعة ثلاثية الأبعاد** – الطابعة الثلاثية الأبعاد (مبيَّنة في الشكل 9–8) تضع خيوطاً من البلاستيك المذوَّب، فتبني كائنات ثلاثية الأبعاد، طبقةً تلو الأخرى. كما هو الحال مع التصاميم الليزرية، تصاميم الطابعة الثلاثية الأبعادً كثيرة على الانترنت، مما يتيح لك الاستفادة من مشاريع صانعين آخرين. إنها طريقة رائعة لتتعلم ولتتوصل إلى نموذج أولي أسرع من تصنيع كل شيء بنفسك.

  أحد أفضل استخدامات الطابعة الثلاثية الأبعاد في عالم الطائرات بدون طيّار هو طباعة الموصلات، مما يتيح لك أن تزاوج بين المكوّنات غير المتشابهة. سأعطيك مثالاً عن هذا في الفصل 12 حيث سأطبع حاملة كاميرا وكذلك قاعدةً مخصصةً لصنف مختلف من الكاميرات.

- **مطحنة تصنيع رقمي (CNC mill)** – هذا مصطلحٌ عامٌ يشير إلى مسحاج أو أداة دوَّارة يتحكّم به الكمبيوتر ينحت شكلاً في الخشب أو المعدن أو البلاستيك. إنه أداة ضرورية أخرى ستكلّفك مبلغاً لا بأس به لسوء الحظ.



الشكل 9-9 مسحاج التصنيع الرقمي أداةٌ جميلةٌ جداً لكن مكلفةٌ جداً.

تشبه مطحنة التصنيع الرقمي الأداة الدوَّارة Dremel أو أي أداة دوَّارة مشابهة يتحكَّم بها الكمبيوتر. وخلافاً لليزر الذي يقصّ بواسطة الضوء، تستخدم مطحنة التصنيع الرقمي رِيَش المسحاج (تشبه رِيَش المِثقاب قليلاً) وهذه تميل إلى التآكل مع مرور الوقت.

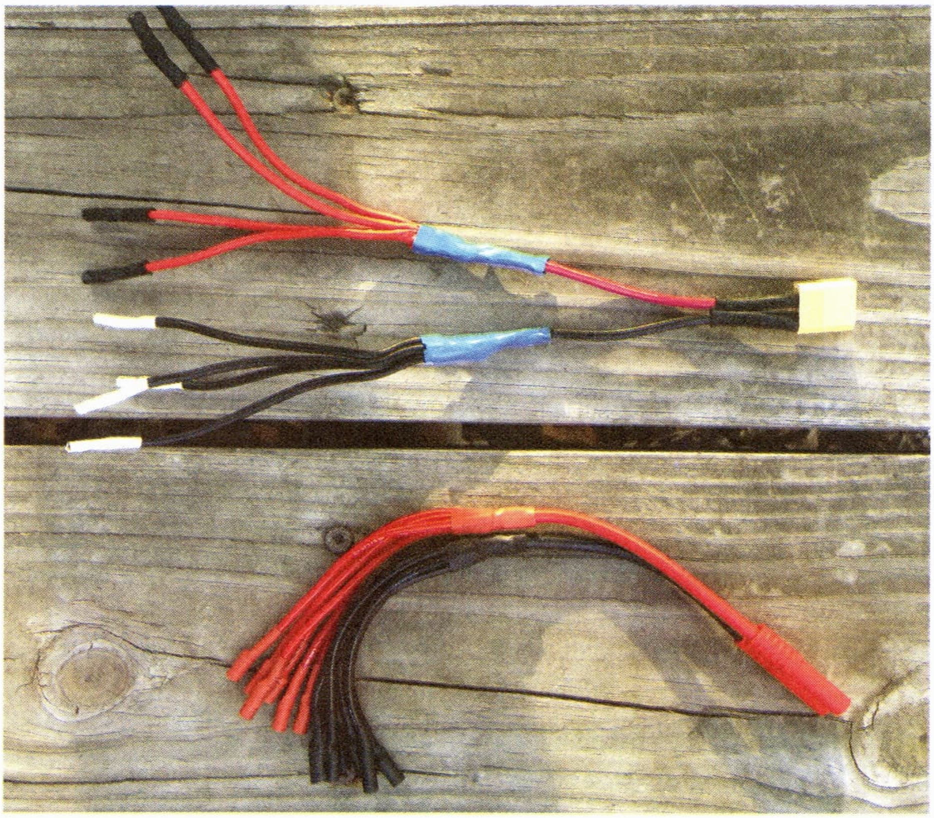
الخلاصة

لقد بيَّن لك هذا الفصل عدداً كبيراً من الأدوات التي قد يحتاج إليها صانع الطائرة بدون طيّار أثناء اختباراته. وستقوم في الفصل 10 بإضافة بطارية إلى كوادكوبترك، كما ستتعلَّم كيفية توصيل أسلاك كل شيء.

10

بناء كوادكوبتر، الجزء الرابع: أنظمة الطاقة

لقد أوشكت الكوادكوبتر على الانتهاء، بعد تركيب إلكترونيات الطيران في معظم الخطوات السابقة. ستتعلّم في هذا الفصل عن مختلف أنواع البطاريات، وكذلك كيفية تركيب واحدة في الكوادكوبتر. كما ستتعلّم عن الموصلات المخروطية (bullet connectors)، وهي الطريقة المفضَّلة في عالم الطائرات بدون طيّار لتوصيل المكوّنات ببعضها البعض. أخيراً، ستبني وتركّب ضفيرة أسلاك.



الشكل 10-1 ستقوم بتجميع ضفيرة أسلاك في هذا الفصل.

اختيار بطارية

دعـــنا نبدأ باختيار بطاريتك. لكن من أجل اتخاذ قرار جيد، ستحتاج إلى معرفة خياراتك. إليك أربعة معايير لمساعدتك على شراء البطارية المناسبة:

- **الفولطية** – خلافاً للبطاريات AA التقليدية القديمة، لبطاريات الليثيوم والنيكل القابلة لإعادة الشحن تصنيفات فولطية مختلفة. تأكد من فحص التصنيف قبل أن تشتري، وإلا قد تجد الفولطية عالية جداً أو منخفضة جداً لمشروعك.
- **ميلليأمبير–ساعة (mAh)** – إنه مجموع إخراج الطاقة النظري للبطارية. فكلما كان الميلليأمبير–ساعة أكبر، كلما دامت البطارية لفترة أطول.
- **التصنيف C** – إنه سرعة التفريغ الآمن القصوى للبطارية. اضرب هذا الرقم بالميلليأمبير–ساعة لكي تحصل على كمية الأمبير القصوى التي تستطيع البطارية تفريغها بأمان. مثلاً، بطارية 460 ميلليأمبير–ساعة وذات تصنيف C يتراوح بين 25 و40 يمكن تفريغها بين 11.5 أمبير و18.4 أمبير. هذا مهم لأنه يبيّن لك كم ستكون المراوح فعّالة. لاحظ أن الرقم المنخفض هو التفريغ المتواصل، والرقم المرتفع هو التفريغ الأقصى.
- **كثافة الطاقة** – إنها كمية الأمبير التي تحصل عليها بالنسبة للحجم. هذه إحصائية غامضة نوعاً ما، لكنها "شعبية جداً" بين عشّاق البطاريات. باختصار، إنها تشير إلى مقدار الكتلة التي ستضيفها إلى طائرتك لقاء النتائج التي ستحصل عليها.

أنواع البطاريات

عادة، يستخدم صانعو الطائرات بدون طيّار نوعين من البطاريات لتشغيل اختراعاتهم: بطاريات النيكل وبطاريات الليثيوم. دعنا نستعرضها الواحدة تلو الأخرى.

بطاريات النيكل

بطاريات النيكل-هدريد المعدن (NiMH) هي بطاريات قابلة لإعادة الشحن تُحيل بطاريات النيكل-الكادمـــيوم (NiCad) الاحتياطـــية القديمـــة إلى الـــتقاعد (راجع الشكل 10-2). أفضليتها أنها مألوفة – فبإمكانك شراءها من معظم المتاجر.

أمـــا سيئتها فهي أن شكلها مماثل للبطاريات AA، وهذا يتطلب إضافة حاملة للبطاريات وبالتالي يعني وزنـــاً أكثـــر. كمـــا أن إعادة شحنها مُتعب قليلاً. بالإضافة إلى ذلك، لا تملك كثافة الطاقة التي تملكها بطاريات الليثيوم، فتُعطي فقط من 140 إلى 300 Wh/L (واط–ساعة بالليتر).

بطاريات الليثيوم

معظم البطاريات المستخدَمة في الطائرات بدون طيّار هي بطاريات ليثيوم - إما بوليمر الليثيوم (LiPo) أو بوليمـــر أيون الليثيوم (Li-ion). ولهذه البطاريات، المبيَّنة في الشكل 10-3، مواصفات متفوقة بالمقارنة مع بطاريات النيكل، فتُعطي إخراجاً قدره 3.7 فولط مقابل 1.2 فولط للبطاريات NiMH.

تكـــاوين الـــبطاريات LiPo وLi-ion مفيدة أكثر بكثير لتركيبها في طائرة بدون طيّار. فبالإضافة إلى تـــواجدها عادة في غلاف بلاستيكي وبالتالي لا تتطلب حاملة بطاريات، تتضمن أيضاً سلك شحن مبيَّت يتيح لك شحنها من دون إزالتها من الطائرة.

رغم أن البطاريات LiPo جميلة جداً إلا أنها يمكن أن تكون خطيرة. لكن التقيّد بعدد صغير من قواعد الأمان سيحميك من الخطر:

- لا تقصِّر البطارية أو تغمرها في سائل. فبإمكان هذا أن يؤدي إلى نشوب حريقٍ.
- لا تثقب البطاريات LiPo. فبإمكان هذا أن يؤدي إلى نشوب حريقٍ أيضاً.
- إذا اشتعلت البطارية، استخدم الرمل لإخمادها. فالليثيوم يأخذ الأكسجين من الماء ويستمر بالاحتراق!
- إذا بدأت البطارية بالانتفاخ، توقف عن استخدامها.
- استخدم شاحن LiPo تجارياً لإعادة شحن البطاريات. أقترح عليك الشاحن Turnigy C3؛ فهو شاحن رخيص يعيد شحن بطاريتين LiPo أو ثلاث.
- لا تستخدم أبداً أنواعاً مختلفة من البطاريات. فقط استخدم بطاريات من نفس الكيمياء سويةً.



الشكل 10-2 البطاريات NiMH شعبيةٌ للطائرات بدون طيّار.



الشكل 10-3 البطاريات LiPo هي حل الطاقة المُعتمَد لمعظم الطائرات بدون طيّار.

إضافة موصلات مخروطية

الآن وقد اخترتَ بطاريةً، دعنا نبدأ بتوصيل أسلاك الطائرة بدون طيّار. لكن دعنا نبدأ أولاً بدرس عن الموصلات المخروطية (bullet connectors) التي تزوِّد طريقةً نموذجيةً لتوصيل المكوّنات في عالم التحكم اللاسلكي والطائرات بدون طيّار.

ما فائدة الموصلات المخروطية؟

كيف ستقوم بتوصيل كل مكوّنات الكوادكوبتر؟ بالتأكيد لن تلحِّم التوصيلات بين المحرّكات والمتحكمات، مثلاً. فما لو احتجت إلى استبدال أحدهما؟ الموصلات المخروطية هي خيار شعبي لضمّ أنظمة مختلفة ببعضها (راجع الشكل 10-4). كما أنها متينة كفاية لكي لا تنفصل من دون أضرار مأساوية على المروحية، وفي تلك الحالة ستكون التوصيلات في آخر سلّم اهتماماتك!

الفرق الرئيسي بين الأنواع هو حجم الموصل، حيث أن أداة قياس قطر الأسلاك تفرض الحجم الذي ستشتريه. إنني أستخدم موصلات 2 ملم و3.5 ملم في مشروع الكوادكوبتر. ستحتاج إلى عددٍ متساوٍ من الأطراف الذكرية والأنثوية، والأحجام المختلفة لا تتناسب مع بعضها البعض.



الشكل 10-4 الموصلات المخروطية هي طريقة التوصيل المفضّلة في عالم التحكم اللاسلكي.

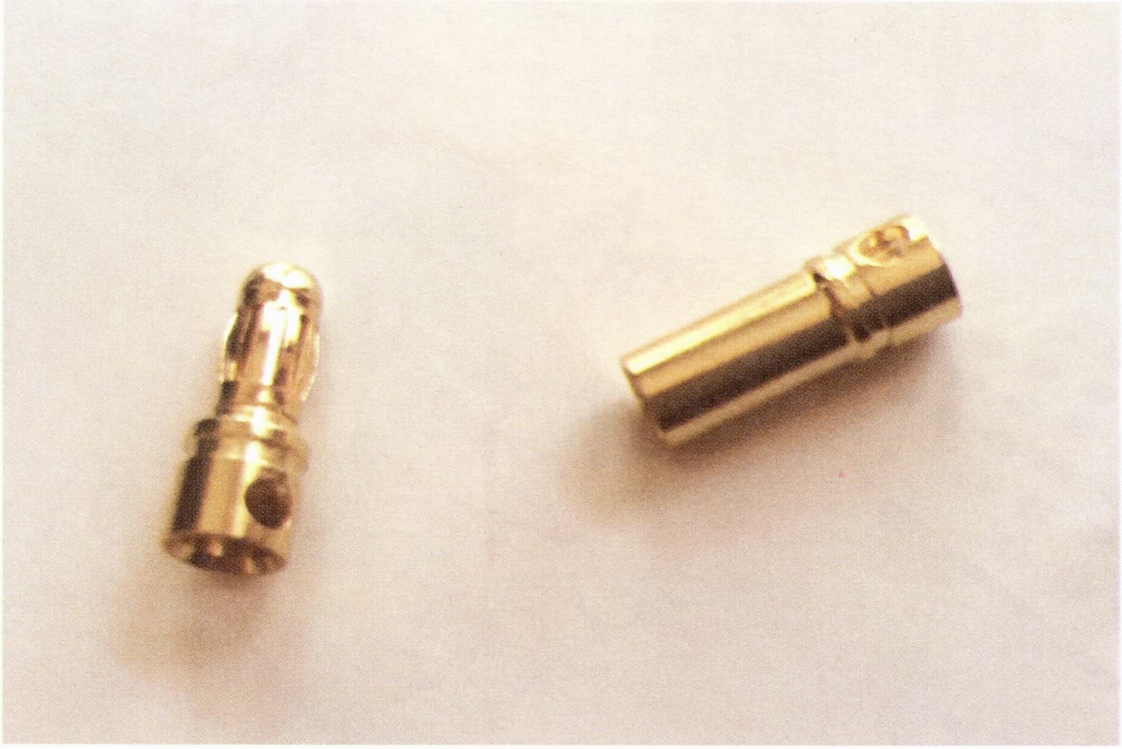
لائحة القطع

ستحتاج إلى القطع والأدوات التالية لإضافة الموصلات المخروطية:

- **معدات تلحيم** – لقد بيَّنتُ لك كيفية التلحيم في الفصل 7؛ ويسرد ذلك الفصل أيضاً المعدات التي ستحتاج إليها.
- **موصلات مخروطية** – يمكنك إيجادها في أي متجر يبيع معدات تحكم لاسلكي.
- **غلاف ينكمش بالحرارة** – إنه أنبوب مطاطي خاص غير موصِّل للكهرباء ينكمش لكي يغلّف مكوّنك. إنه أشبه بإصدار ذكي للشريط الكهربائي. تبيع Adafruit علبةً تضم عدداً منها (رقم القطعة 344). وإلا يمكنك إيجادها في أي متجر أجهزة أو معدات كهربائية.

خطوات إضافة الموصلات المخروطية

الموصـــلات المخروطية عبارة عن مقابس معدنية يتم تلحيمها بأطراف الأسلاك، ويمكنك عندها توصيل كل الأطراف ببعضها بأمان. إليك خطوات إضافة موصلات مخروطية خاصة بك:



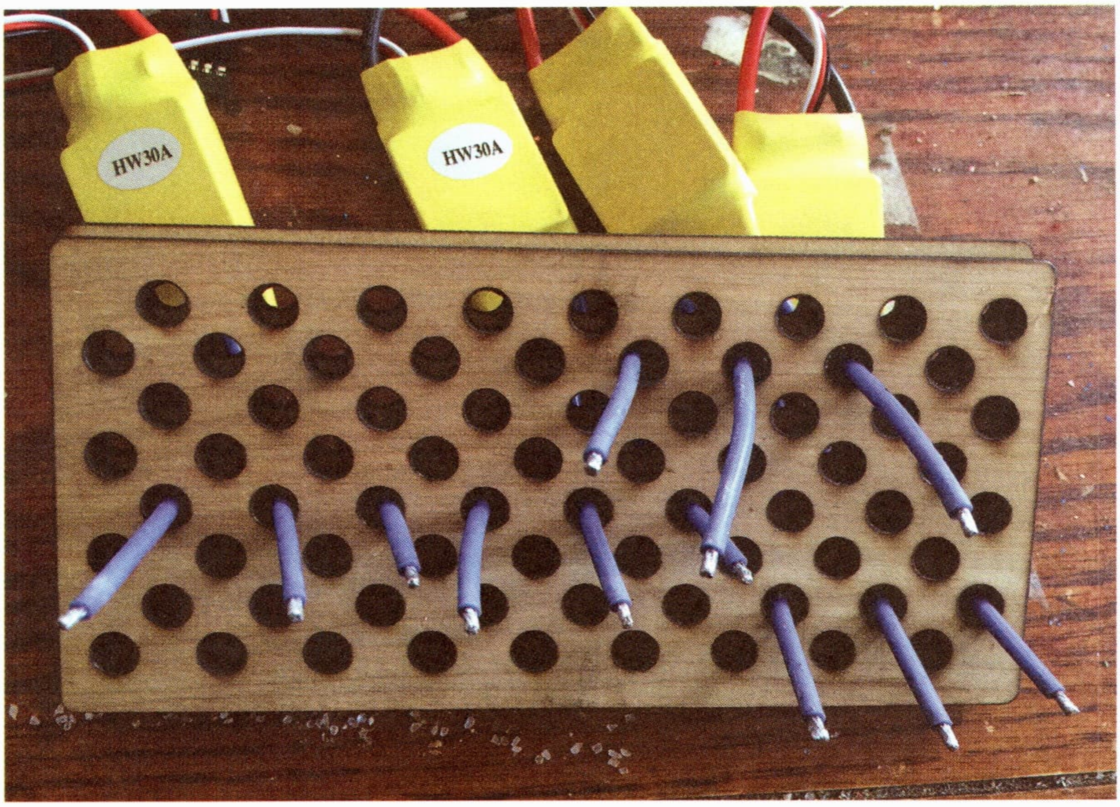
الشكل 10-5 موصل مخروطي ذكريّ (اليسار) وأنثوي (اليمين).

1. **اختيار الأجناس.** خطّط مسبقاً كيف تريد ترتيب كل شيء لكي لا تحدث لك أي مفاجآت مزعجة. هناك طريقة شائعة لتنظيم الأجناس هي البدء بالمحرّكات وإعطائها موصلات ذكرية. ومن الواضح أن جهة المحرّك في المتحكمات الإلكترونية بالسرعة يجب أن تحصل على موصلات أنثوية. وتُعطى أسلاك مزوِّد الطاقة على الجهة الأخرى للمتحكمات الإلكترونية بالسرعة موصلات ذكرية. يبيِّن الشكل 10 -5 موصلاً مخروطياً ذكرياً وأنثوياً.

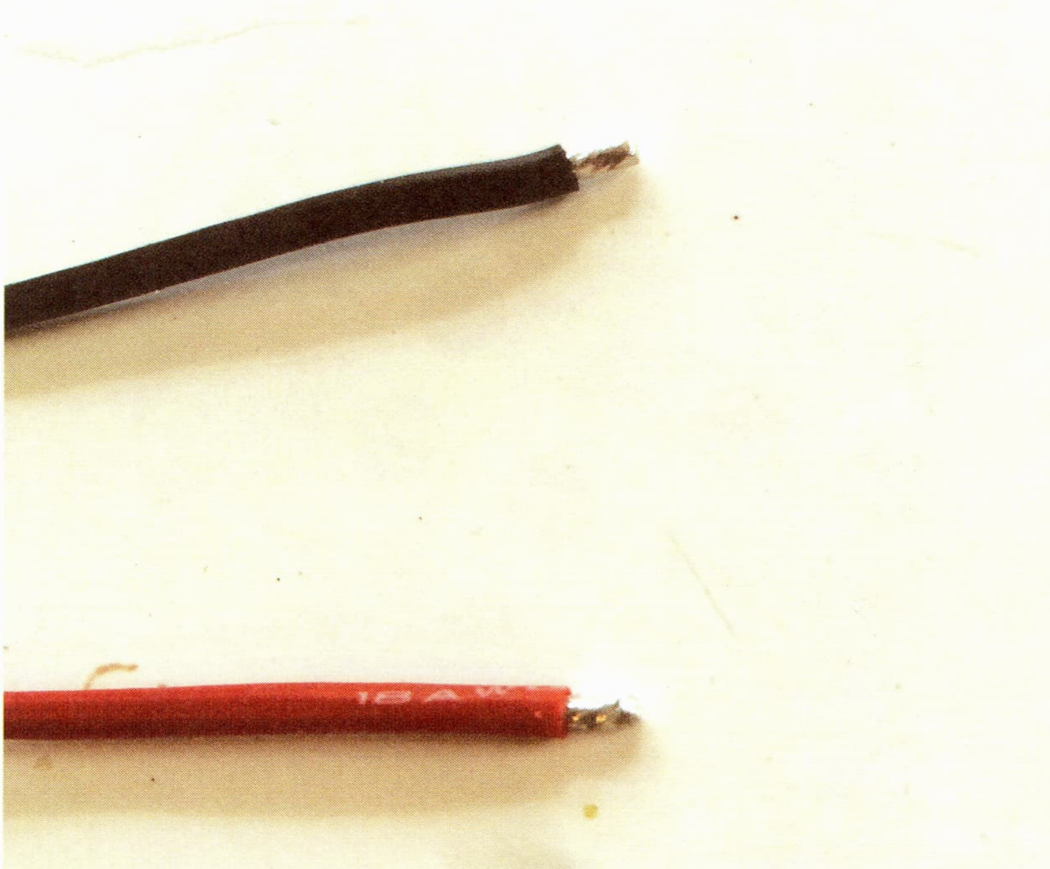
2. **تعرية الأسلاك.** عرِّ قسماً صغيراً من المادة العازلة على أطراف الأسلاك، كما هو مبيَّن في الشكل 10 -6، حيث يمكنك رؤية كيفية تحضير أسلاك أربعة متحكمات إلكترونية بالسرعة في الوقت نفسه باستخدام قطعة خشبية ذات ثقوب مقصوصة بالليزر. يأتي العديد من المتحكمات الإلكترونية بالسرعة وغيرها من المكوّنات وتكون أسلاكها معرّاة مسبقاً.

3. **طلاء أطراف الأسلاك بالقصدير.** هذا يساعد كل مكوّن على الالتصاق بمكوّن آخر مطلي طرفه بالقصدير. أولاً، افتل جدلات السلك (إذا وُجدت) واستخدم مكواة التلحيم لتحمية طرف السلك. ثم اطلها باللحام، كما هو مبيَّن في الشكل 10-7. افعل هذا لكل سلك ستضع عليه موصلاً مخروطياً. لاحظ أن بعض المكوّنات، مثل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة Turing Plush التي أستخدمها في هذا المشروع، تأتي معرّاة مسبقاً وكذلك مطلية بالقصدير مسبقاً.

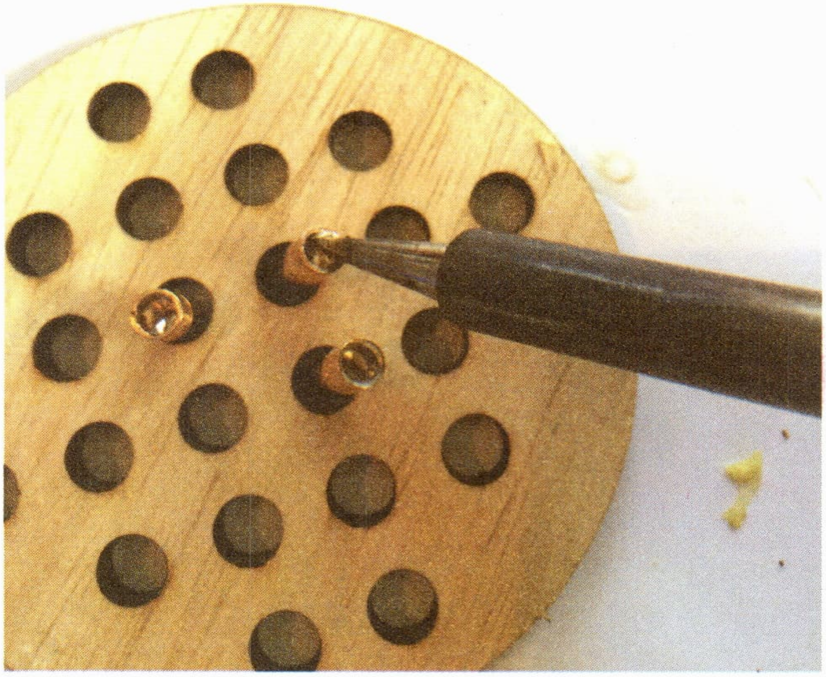
4. **تعبئة الموصلات.** عملية طلاء أطراف الأسلاك بالقصدير يرادفها تعبئة الموصلات المخروطية بقطرة لحام، كما هو مبيَّن في الشكل 10-8. هناك فجوة في جانب الموصل. املأ اللحام حتى ذلك المستوى.



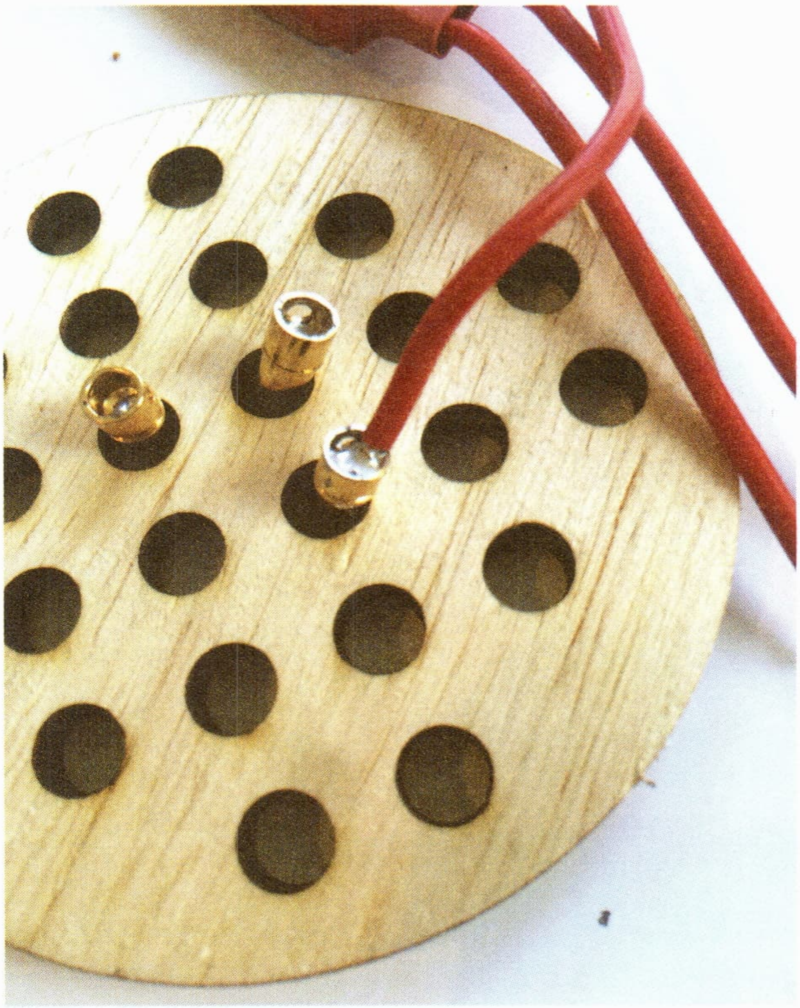
الشكل 10-6 عرِّ قليلاً من المادة العازلة حول أطراف الأسلاك.



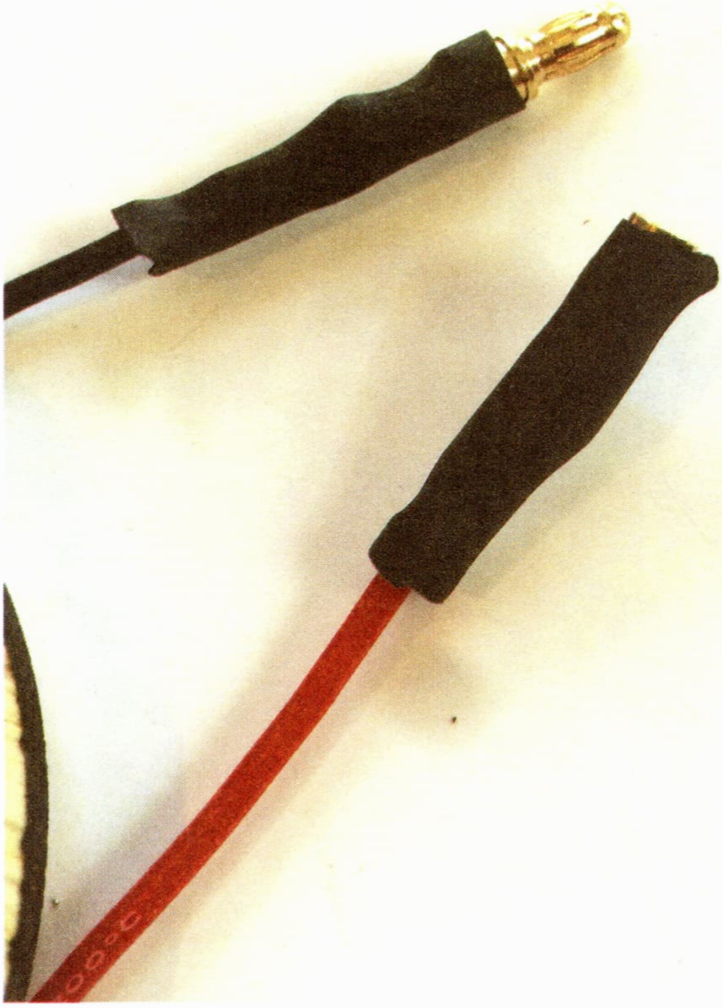
الشكل 10-7 اطلِ بالقصدير كل سلك ستضع عليه موصلاً مخروطياً.



الشكل 10-8 املأ الموصلات المخروطية باللحام.



الشكل 10-9 لحِّم الموصل المخروطي.

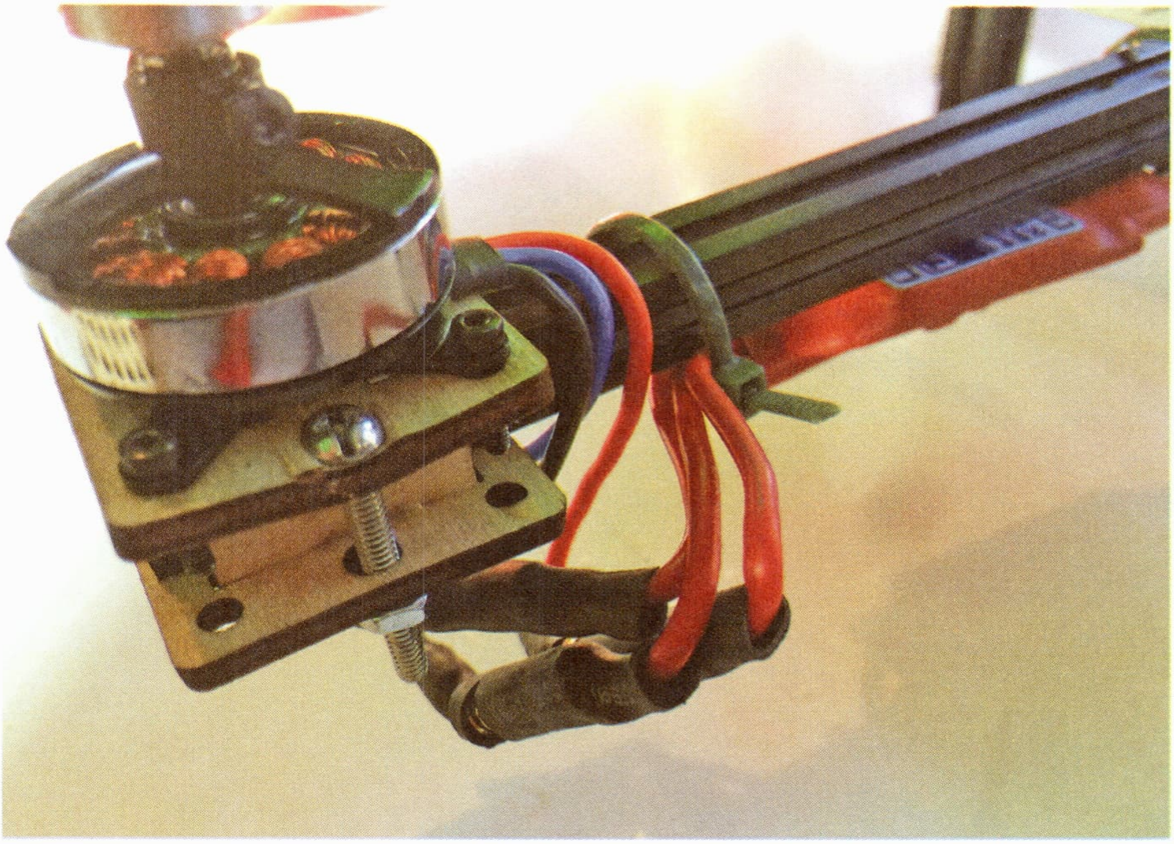


الشكل 10-10 ضع أنبوباً على الطرف واجعله ينكمش بالحرارة!

5. **تلحيمها**. ضع طرف سلك مطلي بالقصدير في أحد الموصلات. ثم ضع رأس مكواة تلحيمك على الفجوة، مما سيساعد على إذابة اللحام داخلها. قد تريد إضافة المزيد من اللحام الساخن حول أعلى الموصل إذا بدا لك رخواً. يبيِّن الشكل 10–9 كيف يجب أن يبدو.

6. **إضافة أنابيب الانكماش الحراري**. ضع أنبوب انكماش حراري طوله حوالي 3 سم على طرف كل سلك، مع التأكد من بقاء جزء التلامس في الموصل الذكري حراً. استخدم أسطوانة مكواة تلحيمك لتسخين أنبوب الانكماش الحراري لكي يغلّف قاعدة الموصل وطرف السلك أيضاً. يبيِّن الشكل 10–10 موصلات ذكرية وأنثوية ناجحة.

7. **التوصيل!**. الخطوة الأخيرة هي إدخال القابسات الذكرية للمحرّك في القابسات الأنثوية للمتحكمات الإلكترونية بالسرعة، كما هو مبيَّن في الشكل 10–11. ستقوم بتوصيل البطارية الفعلية في القسم التالي. وبالإضافة إلى فعل هذا الآن، ستريد أيضاً شدّ الربطات البلاستيكية بإحكام لإبقاء المتحكمات الإلكترونية بالسرعة في مكانها.



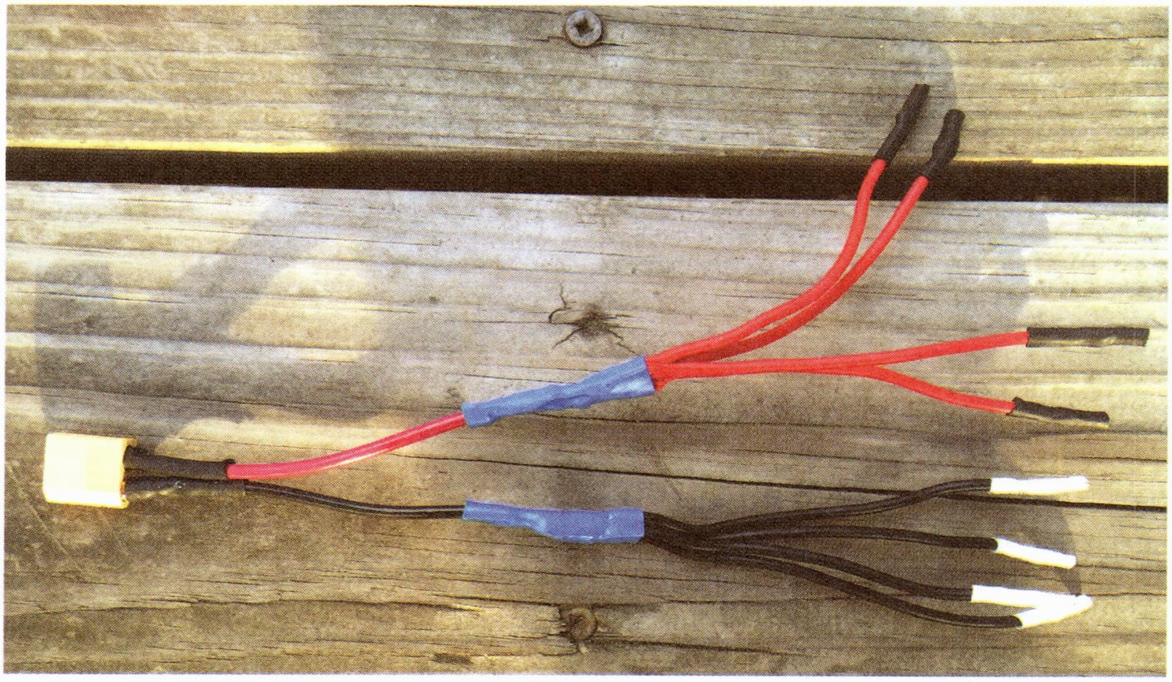
الشكل 10-11 وصِّل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بالمحرّكات.

تجميع ضفيرة الأسلاك

قد تبدو خطوة إضافة البطارية صعبة على الأرجح، إن لم نقل مخيفة، لمجرد حقيقة أن عليك معرفة كيفية توصيل أسلاك الطاقة والتأريض للمتحكمات الإلكترونية بالسرعة الأربعة ببطارية واحدة.

يــتم هذا عادة بإحدى طريقتين. أولاً، يشتري أو يصمِّم العديد من صانعي الطائرات بدون طيّار لوحة توزيــع للطاقــة، وهي طريقة مفخَّمة للقول لوحة دارات مضبوط تكوينها مسبقاً لدمج أربعة (أو أكثر) أسلاك طاقة وتأريض في زوج واحد. ابحث عنها في متاجر الهوايات؛ ويتراوح ثمنها عادة من 5$ إلى 10$ للأنواع البسيطة الرخيصة.

لكــن بدلاً من ذلك، يختار العديد من صانعي الطائرات بدون طيّار تلحيم ضفيرة أسلاك خاصة بهم. وهي تتألف من أربعة أسلاك تأريض أو أكثر مفتولة وملحَّمة في موصل واحد، ومن عدد مماثل من الأسلاك الرصاصــية المــضبوط تكوينها بشكل مماثل. يبيِّن الشكل 10–12 مثالاً عن ضفيرة أسلاك. سنعتمد هذا الأسلوب لمشروع الكوادكوبتر.



الشكل 10-12 ضفيرة الأسلاك تقسِّم خطوط الطاقة إلى كتلة واحدة لكل مكوّن يحتاج للطاقة.

القطع

ستحتاج إلى القطع والأدوات التالية:

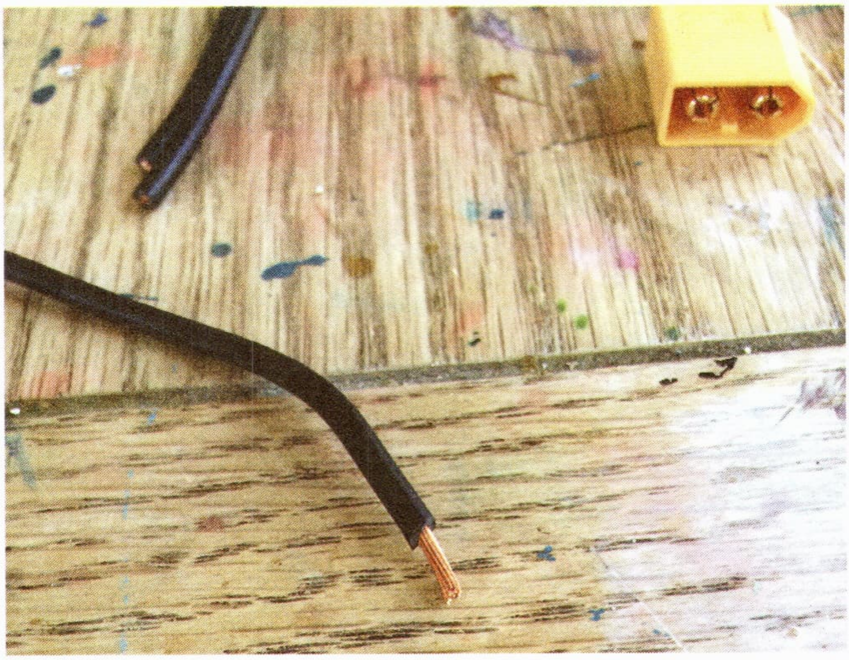
- معدات تلحيم.
- أسلاك: مفتولة قطرها 12 و16، سوداء وحمراء لكل مكوّن.
- أنبوب انكماش حراري. يقدِّم Sparkfun رقم القطعة 09353 تشكيلةً جميلةً.
- الموصل XT60. هذا موصلٌ رائعٌ سأناقشه لاحقاً.
- موصلات مخروطية. تأتي بأحجام مختلفة، لكنني أستخدم الحجم 3.5 ملم.

خطوات تجميع ضفيرة الأسلاك

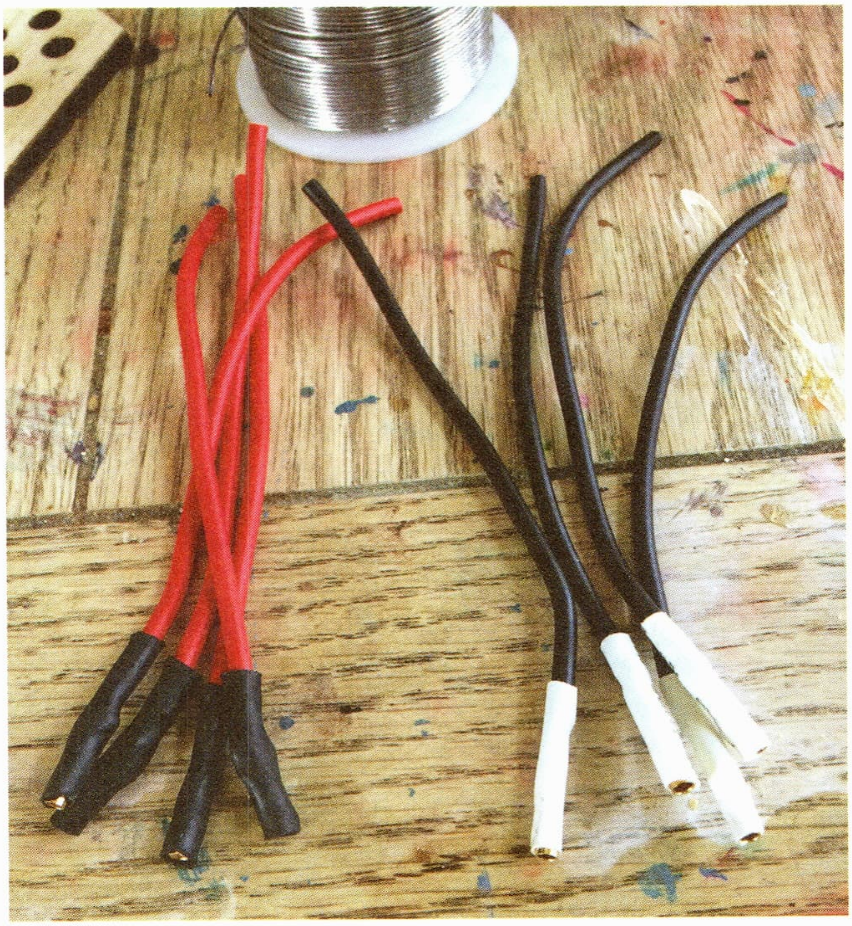
دعنا نبدأ العمل على إنشاء ضفيرة الأسلاك. نفّذ الخطوات التالية:

1. **قصّ الأسلاك ذات القطر 16 بطول 12.5 سم تقريباً**. ستريد سلكاً أحمر وسلكاً أسود لكل مكوّن يحتاج للطاقة – واحد بالطبع لكل محرّك! ولكل سلك، عرِّ 1 سم من المادة العازلة من أحد الطرفَين و 0.5 سم من الطرف الآخر. يبيِّن الشكل 10–13 كيف يجب أن يبدو هذا.
2. **تلحيم الموصلات المخروطية**. ضع موصلاً مخروطياً أنثوياً على طرف كل سلك نزعتَ عنه المادة العازلة بطول 0.5 سم. أضف أنبوب الانكماش الحراري مثلما فعلت من قبل، وكما هو مبيَّن في

الشكل 10-14. سيتم توصيل هذه الموصلات بأسلاك طاقة المتحكمات الإلكترونية بالسرعة، والتي لها موصلات ذكرية.



الشكل 10-13 ستحتاج إلى سلك أسود وسلك أحمر لكل مكوّن.



الشكل 10-14 أضف موصلات مخروطية.



الشكل 10-15 ستحتاج إلى سلك طاقة كبير وسلك تأريض كبير.

3. **قصّ الأسلاك ذات القطر 12.** بعد ذلك، قصّ سلكَين من الأسلاك الأسمك ذات القطر 12 طول كل واحد منهما 13 سم. ثم انزع حوالي 1 سم من المادة العازلة من طرف كل سلك و0.5 سم من الطرف الآخر. يبيِّن الشكل 10–15 كيف يجب أن يبدو هذا.

4. **تلحيم الأسلاك ببعضها.** اطلِ بالقصدير الجدلات المكشوفة للأسلاك ذات القطر 16 و12 (تلك التي نزعتَ عنها المادة العازلة بطول 1 سم). ثم ضع الأسلاك ذات القطر 16 إلى جانب السلك ذي القطر 12، كما هو مبيَّن في الشكل 10–16، ولحِّمها ببعضها. ثم غطّها بأنبوب انكماش حراري.

5. **إضافة الموصل XT60.** يتألف الموصل XT60 من موصلَين مخروطيين داخل غطاء متين لا يحمي المعدن المكشوف من أي ماس كهربائي فحسب، بل يمنع أيضاً من توصيل البطارية بالمقلوب، والذي من المرجّح أن يُتلف المكوّنات الإلكترونية للطائرة بدون طيّار وقد يُشعل حريقاً. ستحتاج إلى تلحيم الموصل الأنثوي بأسلاك توصيل البطارية والموصلات الذكرية بالأسلاكَ ذات القطر 12. عاملها تماماً كالموصلات المخروطية من حيث طريقة تلحيمك لها، ولا تنسَ إضافة أنبوب الانكماش الحراري. يبيِّن الشكل 10–17 كيف يجب أن يبدو هذا.

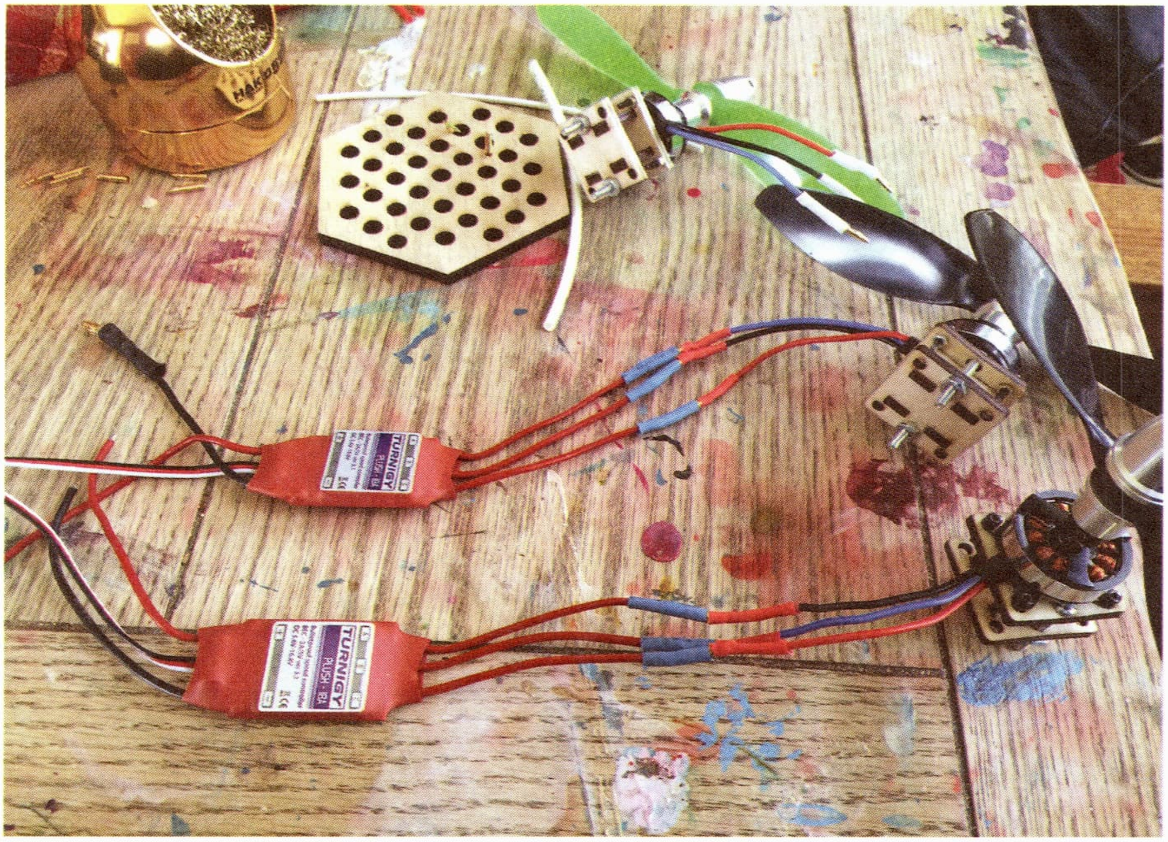
6. **توصيل كل شيء!** استخدم ربطة بلاستيكية لربط البطارية بالمنصة الخشبية. لكن لا توصل أطراف الموصل XT60 ببعضها – فنحن غير جاهزين بعد لكي نطير! امسك تركيبة المتحكم الإلكتروني بالسرعة والمحرّكات (راجع الشكل 10–18) ثم وصِّل الأطراف ذات القطر 16 في ضفيرة الأسلاك بالمتحكمات الإلكترونية بالسرعة عن طريق توصيل الموصلات المخروطية ببعضها.



الشكل 10-16 لحِّم الأسلاك ببعضها.



الشكل 10-17 أضف الموصلات XT60 إلى أطراف البطارية والأسلاك ذات القطر 12.



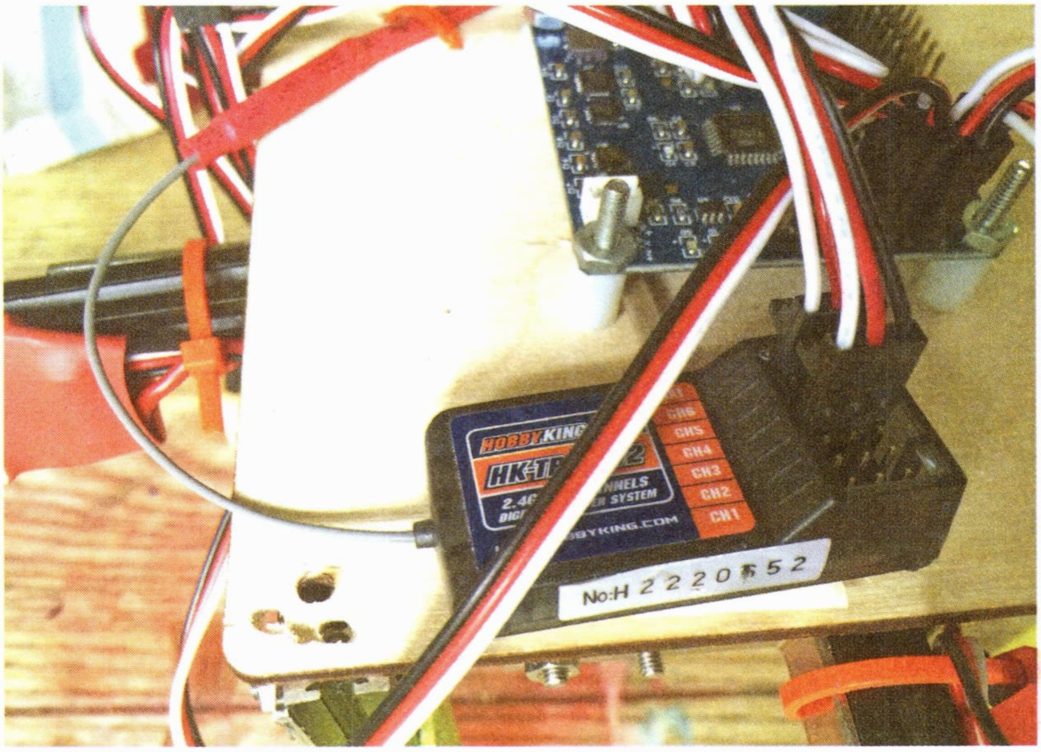
الشكل 10-18 وصّل الموصلات المخروطية ببعضها من أجل توصيل محرّكات الطائرة بدون طيّار ومتحكماتها الإلكترونية بالسرعة بضفيرة الأسلاك.

توصيل متحكم الطيران والمستقبِل

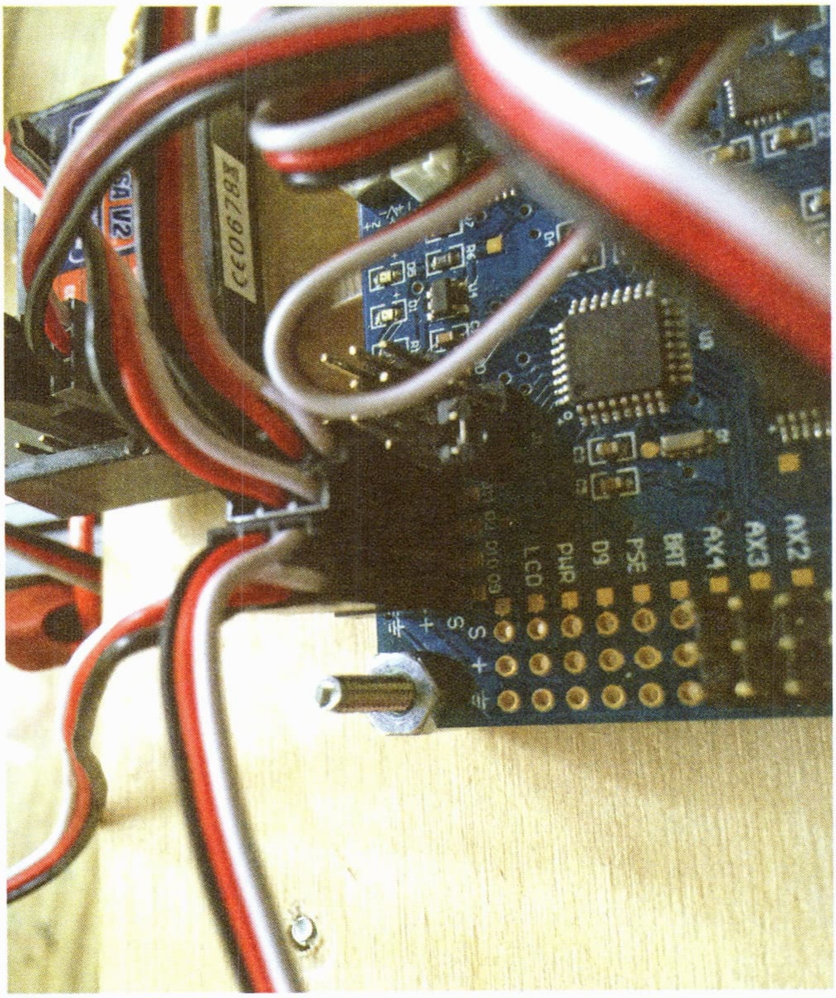
تتمحور سلسلة الخطوات الأخيرة حول توصيل المتحكم الإلكتروني بالسرعة والمستقبِل بمتحكم الطيران:

1. استخدم أسلاك تمديد أنثى-أنثى للمحرك المؤازِر (مثل SparkFun رقم القطعة 8738) لتوصيل متحكم الطيران بالمستقبِل، كالتالي:

- وصّل الدبابيس المعلّمة THR (الخانق) بالقناة 1 على المستقبِل. تأكد من توصيل الأسلاك بشكل صحيح: يجب أن يكون التأريض بالقرب من حافة المستقبِل، وبالقرب من حافة متحكم الطيران MultiWii، كما هو مبيَّن في الشكل 10-19.
- وصّل الدبابيس المعلّمة ROL (التدحرج) بالقناة 2.
- وصّل الدبوس PIT (درجة الانحدار) بالقناة 3 على المستقبِل.
- وصّل الدبوس YAW (الانعراج) بالقناة 4.



الشكل 10-19 وصِّل متحكم الطيران بالمستقبِل.



الشكل 10-20 وصِّل المتحكمات الإلكترونية بالسرعة بمتحكم الطيران.

2. وصّل الأسلاك الثلاثية للمتحكمات الإلكترونية بالسرعة بمتحكم الطيران. وصّل الأسلاك بالدبابيس المعلّمة D9 وD10 وD3 وD11 على متحكم الطيران MultiWii، مع التأكد من إبقاء السلك الأسود بالقرب من حافة لوحة الدارات المطبوعة لمتحكم الطيران. يجب أن يشبه الشكل 10–20.

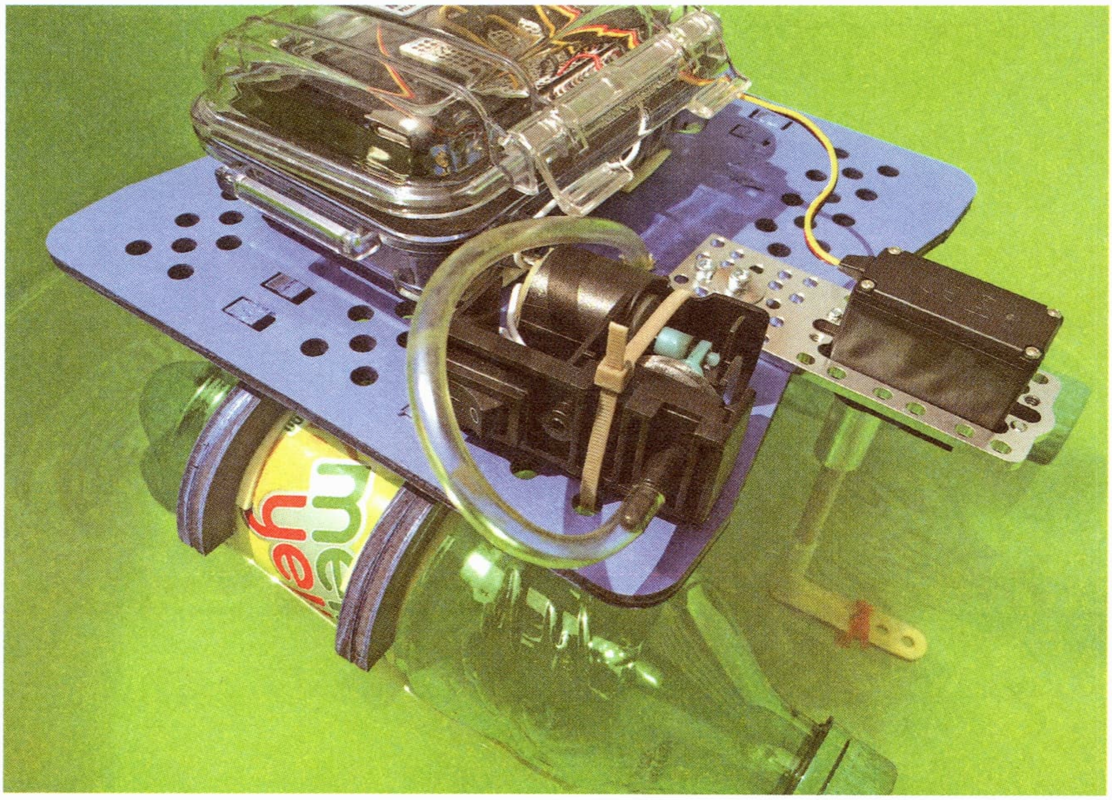
الخلاصة

لقد تعلَّمت في هذا الفصل عن فئتين أساسيتين من خلايا الطاقة التي يستخدمها صانعو الطائرات بدون طيّار عادة في مشاريعهم. ثم قمت بتلحيم ضفيرة أسلاك البطارية وتركيبها. أخيراً، وصَّلتَ متحكم الطيران والمستقبِل. ستقوم في الفصل 11 بإنشاء زورق بدون طيّار لاستكشاف البركة المحلية في مدينتك أو حوض السباحة في منزلك.

11

مشروع مركبة غير مأهولة منقولة بالماء

لقد تعلَّمت في هذا الكتاب عما يبدو أنه كل أنواع الطائرات بدون طيّار التي يمكن تخيّلها، لكن لا يزال هناك المزيد من الأنواع للاكتشاف! ستقوم في هذا الفصل ببناء مركبة غير مأهولة منقولة بالماء، وهي عبارة عن روبوت عائم على زجاجات مياه غازية، ومبيَّن في الشكل 11-1. لكن قبل أن تبدأ بالمشروع، ستحتاج إلى فهم حسنات وسيئات بناء المركبات غير المأهولة المائية. كما ستتعلَّم عن موضوعين مهمين: كيفية جعل الإلكترونيات مضادة للماء، وكيفية إعداد شبكة XBee مشبكية، وهي طريقة أخرى للتحكم بالمركبة غير المأهولة. ستستخدم هذه المعرفة لبناء زورق يتم التحكّم به عن بُعد ويُقاد بواسطة متحكم صغير محمول باليد ستجمِّعه بنفسك.



الشكل 11-1 يستكشف زورق زجاجات المياه الغازية حوضاً مائياً.

وقائع الإلكترونيات المنقولة بالماء

جميعنا يعرف أنه إذا أوقعتَ هاتفاً جوّالاً (أو خلوياً) في حوض الاستحمام، ستحترق إلكترونياته وقد لا يعمل مرة أخرى. فالماء والإلكترونيات لا تتفقان جيداً. لكن هناك اعتبارات إضافية يجب أن تتذكرها أكثر من مجرد جعلها مضادة للماء بينما تبني هكذا مركبة.

سيئات الإلكترونيات المنقولة بالماء

دعنا نستعرض أخطار وعوائق تشغيل مركبة غير مأهولة منقولة بالماء:

- **الماء يؤذي الإلكترونيات.** من جهة، هذا الخطر المشهور سيء تماماً مثلما يفترض الجميع. فقد يتم تدمير الأردوينو أو أي وحدة إلكترونية أخرى عند تغطيسها بالماء، مما يترك مركبتك غير المأهولة ميتة في الماء. من جهة أخرى، لا يجب أن تفترض أن كل شيء سيموت بمجرد تغطيسه بالماء. فمحرّكات التيار المستمر العادية التي تحتوي على مبدِّلات كهربائية، مثلاً، ستكون سعيدة تماماً بالعمل تحت الماء، طالما أنك تسمح لها أن تجف. لكن لا تضعها في الماء المالح، لأن أحشاء المحرّك ستصدأ بسرعة.
- **إزاحة الماء مطلوبة.** الإلكترونيات الميتة والمحرّكات الصدئة ليست الخطر الوحيد. فالحق يُقال، يجب على المركبة غير المأهولة أن تبقى عائمة، إما بواسطة عوّامات أو أحد أشكال الزوارق التي تزيح الماء. يعمل الخيار الثاني فقط طالما أنه لا ينقلب! لذا، هناك عدد كبير من الخيارات. الزورق المبيَّن في الشكل 11-2 مصنوع من صينية لَخبز الحلوى!
- **المساحة مطلوبة.** خلافاً للكوادكوبترات والعربات الجوّالة، لا يمكنك أن تلعب بالزوارق غير المأهولة في فنائك الخارجي، إلا إذا كان لديك حوض كبير. بإمكانك الذهاب إلى منتزه المدينة، طالما أنه لا يوجد أي أولاد في البركة. المُضحك هو أنك إذا كنت بالقرب من حوض مائي أكبر من بحيرة، فقد يكون هائجاً ومتلاطماً إلى حد يمنعك من تشغيل مركبتك الصغيرة بأمان.
- **تختفي المركبات غير المأهولة أو تتأذى بسهولة.** هناك احتمال حقيقي بأن لا ترى زورقك غير المأهول مرة أخرى أبداً إذا أرسلته إلى حوض مائي كبير. فإذا غاصَ في الوحل في أسفل النهر، من غير المحتمل أن تتمكن من استرجاعه إلا إذا كان هناك حبل قوي موصول به. بالمقابل، يمكن استرجاع الكوادكوبترات – التي تحلّق بعيداً من وقت لآخر إلى أراضٍ نائيةٍ – عندما تفشل في أغلب الأحيان، ولو كقطع متناثرة!

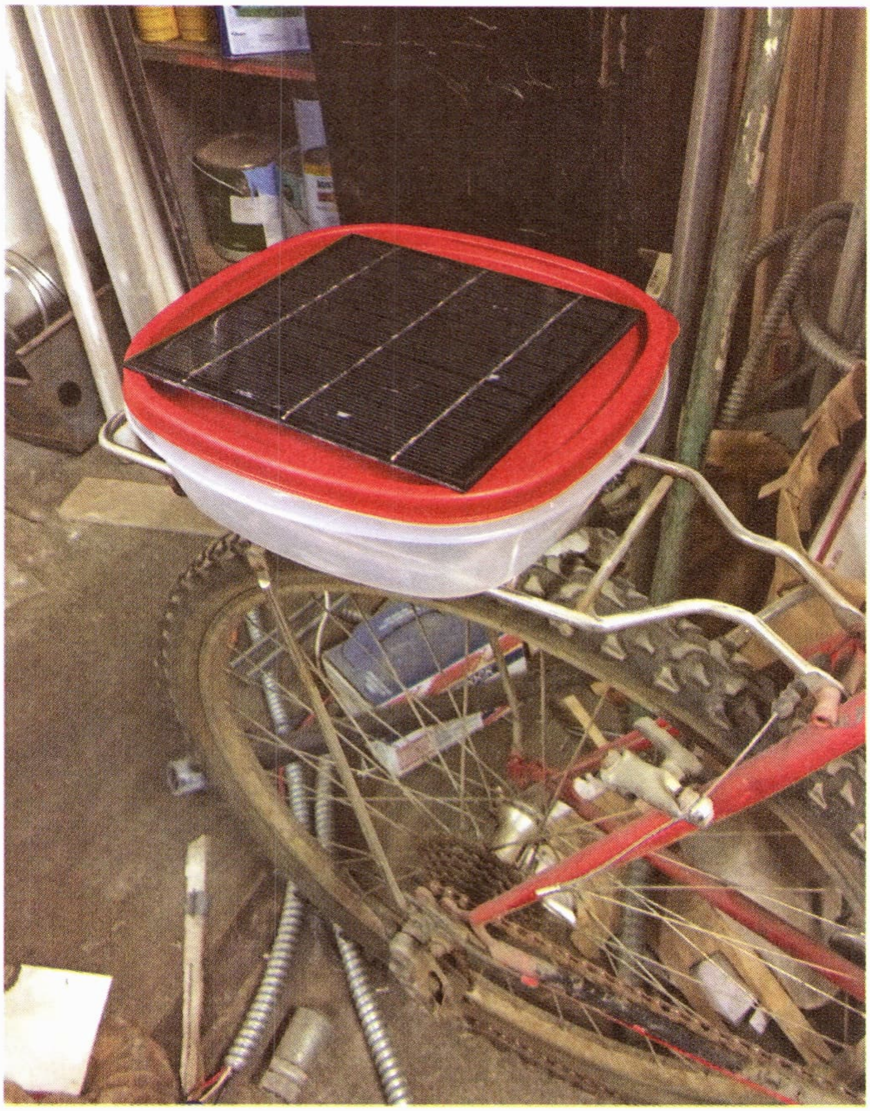
حسنات الإلكترونيات المنقولة بالماء

لا تدع كل تلك السيئات تدفعك إلى التشاؤم. فهناك أيضاً بعض الأشياء الجميلة جداً مع هذا النوع من المركبات غير المأهولة:



الشكل 11-2 يمكنك تحويل أي شيء إلى زورق، بما في ذلك صينية خَبز الحلوى هذه.

- **احتكاك أقل** – تتطلب المركبات غير المأهولة المنقولة بالماء قوة دفع أقل من الأنواع الأخرى، لأن الاحتكاك على سطح الماء أقل بكثير منه على الأرض مثلاً (للمركبات غير المأهولة الأرضيّة). توضّح المراكب الشراعية هذا المبدأ بشكل جيد جداً. فبإمكان نسمة خفيفة جداً أن تحرّك المركب الشراعي عندما يكون في الماء. وهذا يعمل لصالحك لأنه يمكنك استخدام طرق مجنونة نسبياً لتدفع مركبتك. من هذا المنطلق، يستخدم مشروع هذا الفصل مضخّة هوائية لدفع المركبة إلى الأمام.
- **تصميم بسيط** – المركبات غير المأهولة المنقولة بالماء مركباتٌ بسيطةٌ عادة، وتتطلب محرّكَين فقط عادة – واحد لدفع المركبة وآخر لقيادتها. من الواضح أن الكوادكوبترات تحتاج إلى أربعة، لكن العديد من الطائرات بدون طيّار الجوية تتضمن أكثر – ستة أو ثمانية ليس بالأمر المستغرب. وحتى العربة الجوّالة الأرضية التي ستبنيها في الفصل 13 تستخدم أربعة محرّكات.
- **عدة تكاوين** – يمكنك الاختيار بين عدة تكاوين مختلفة، تتراوح من الغواصات إلى الحوّامات إلى الزوارق السطحية. فلا يوجد نوع واحد فقط من المركبات غير المأهولة العائمة. تسلى وكن مُبدعاً!



الشكل 11-3 تشكّل حاوية تخزين الطعام هذه خياراً ممتازاً بثمنٍ بسيطٍ.

جعل إلكترونياتك مضادة للماء

البُعبُع الرئيسي عند صناعة مركبات غير مأهولة عائمة، مثلما يعرف الجميع، هو دخول الماء إلى الإلكترونيات، وهو حادث سيقصّر المكوّنات ويدمّرها على الأرجح. أفضل طريقة لحماية إلكترونياتك هي إحكام إغلاقها داخل صندوق مضاد للماء. ستشرح الأقسام التالية ثلاث وسائل مختلفة لحصر الإلكترونيات (هناك خيارٌ رابعٌ أيضاً مختلفٌ أكثر حتى هو المعالجة الكيميائية).

حاوية السندويش

عند وجود شك، اعتمد الخيار الرخيص! حاوية الطعام البلاستيكية المبيَّنة في الشكل 11-3 رخيصة نسبياً ويمكن الحصول عليها بسهولة. كما أنه يمكن تعديلها بسهولة، كحَفر ثقب فيها لتمديد بعض الأسلاك، وليست نفيسة جداً لدرجة أنك ستتردّد في تعديلها.

وهناك فائدة أخرى لاعتماد هذا الحل: يمكنك الحصول على أي حجم تريده، من الحجم "الأصغر من راحة الكف" صعوداً حتى الحاوية "التي يمكنها تخزين عشاء العائلة كلها". لقد ذكرتُ الحاويات التي بحجم السندويش في عنوان هذا القسم لأنها تكوينٌ جيدٌ في الأغلب لتخزين بطاقةٍ أردوينو وبطارية.

لاحـــظ أن إنفاق الكثير من المال في هذه الفئة لن يعطيك بالضرورة حمايةً أقوى ضد التسرّب، وهو ما تـــريده في أغلب الأحيان. لذا فقد تجد الحاوية البالغ ثمنها دولاراً واحداً بنفس الجودة تماماً كبقية الحاويات ذات العلامات التجارية العالمية.

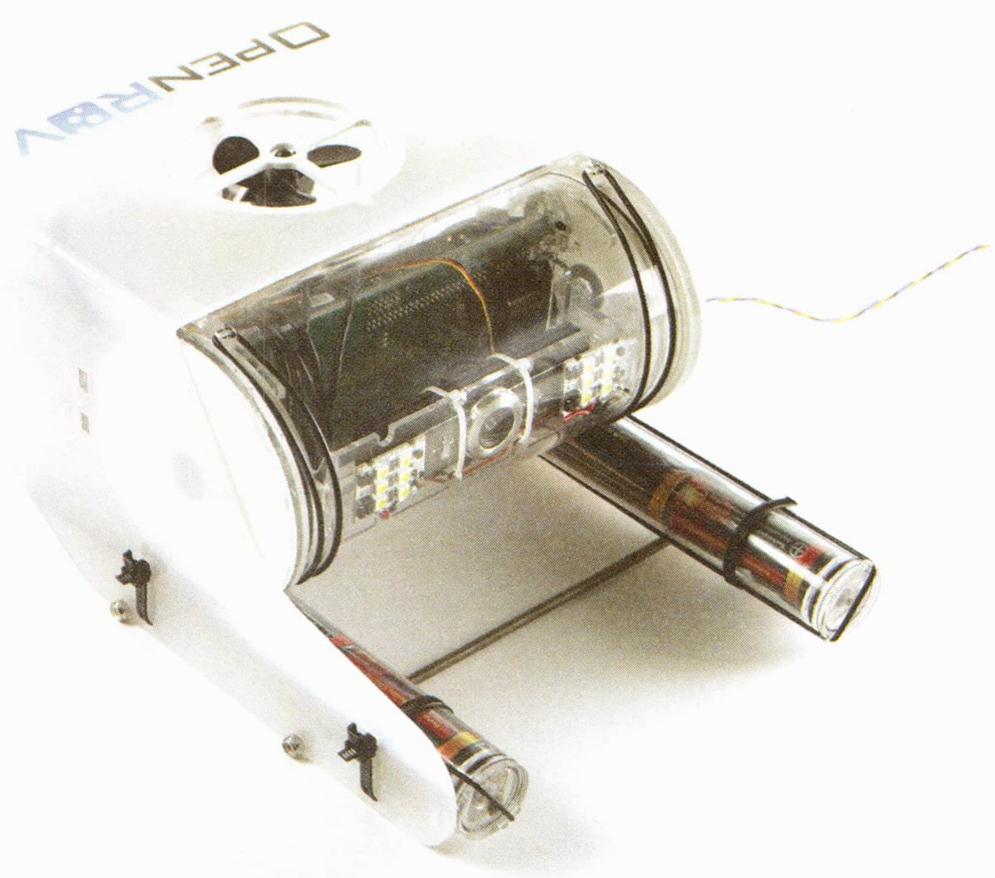
السلسلة Pelican 1000

هـــذه الصناديق المتينة جداً مصمّمة لتخزين الهواتف الخلوية وبقية الإلكترونيات القيّمة، وتحميها مبدئياً مـــن كـــل شيء تقريباً، بما في ذلك التغطيس بالماء (وصولاً إلى عمق متر واحد لمدة 30 دقيقة) والحركات المفاجئة والسحق. يوجد في داخلها طوق مطاطي ضخم تُغلقها بإحكام لحماية المحتويات ضد الرطوبة وضد الصدمات أيضاً.

قـــد يبدو هذا جذرياً قليلاً، لكن السعر مناسب: فثمن الطراز 1010 (اليسار) والطراز 1020 (اليمين) المبيَّـــنين في الشكل 11-4 يبلغ فقط 9$ و15$، على التوالي، حسب المتجر. إذا لم تعجبك هذه الأحجام، تقدّم لك Pelican تشكيلةً متنوعةً يصل حجمها إلى جذع عملاق يستلزم شخصين لجرّه. وكما هو الحال مع حاوية الطعام البلاستيكية، ستحتاج على الأرجح إلى تعديل العلبة للسماح بتمديد الأسلاك. أنا أشتري علب الـــ Pelican من موقع أمازون، لكنك ستجد باعة آخرين على الانترنت يبيعونها أيضاً.



الشكل 11-4 عُلب السلسلة Pelican 1000 صغيرة جداً لكنها مضادة للماء ومتينة.



الشكل 11-5 هذه الغواصة OpenROV تُحكم إغلاق بطارياتها داخل أنابيب مانعة للماء.

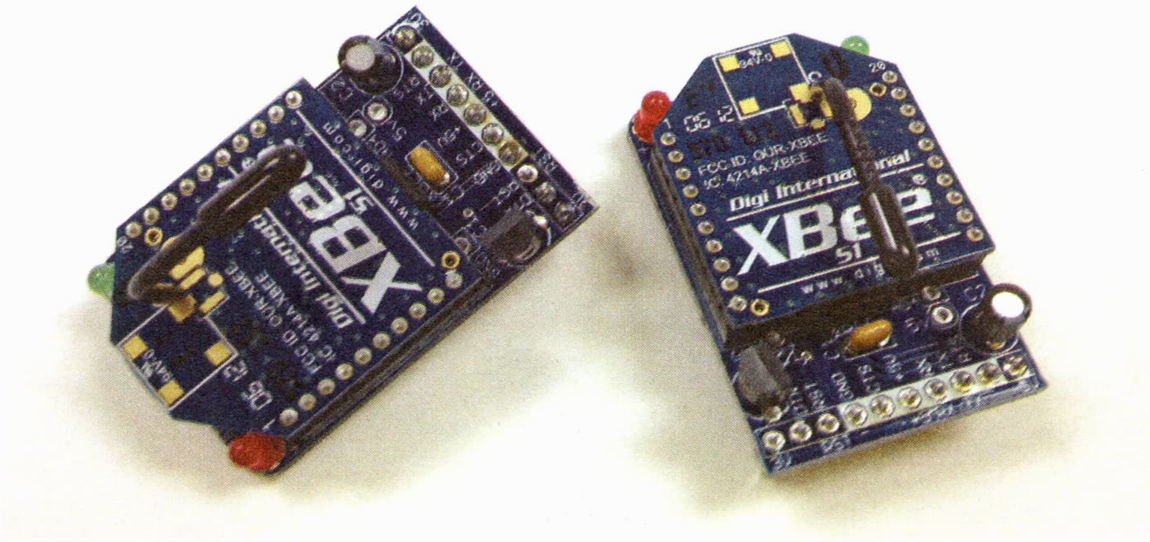
إحكام إغلاق الأنبوب

تستخدم الغواصة OpenROV، المبيَّنة في الشكل 11-5، أسلوباً شخصياً أكثر. فقد أحكَم المصمّمون إغلاق البطاريات داخل أنابيب بلاستيكية ذات أغطية عند أطرافها مُحكمة الإغلاق ضد الرطوبة.

وهناك إصدارات أخرى للغواصة تستخدم أنابيب PVC. يمكنك شراء تلك الأنابيب، المقترنة بالسمكرة عادة، من أي متجر أجهزة. وتتألّف من كافة أصناف الوصلات المانعة للماء كالمنعطفات والتفرّعات. يقوم العديد من المُصلحين غير الخبراء بصناعة أثاث من الـ PVC، بسبب استخداماته البنيوية، لكن القليل منهم استغلّ طبيعته المانعة للماء. فإذا فكرّت بالمسألة للحظة ستنتبه إلى أن وظيفة هذه الأشياء هي إبقاء الماء داخلها؛ فلا عجب إذاً أنها تستطيع إبقاءه خارجها أيضاً.

تلميح

هناك وسيلة أخرى لجعل أي عنصر مضادٍ للماء هي بتغليفه بطلاء طارد للماء مثل CorrosionX (CorrosionX.com) يجفّ ويقسّى على الإلكترونيات ويحميها من الرطوبة. لكن هذه المادة ليست استثنائية؛ فلا تتوقع أن تعمل مركبتك غير المأهولة تحت الماء. لكن CorrosionX ستساعد بالتأكيد في صدّ المطر الخفيف وما شابه.



الشكل 11-6 تقدِّم راديوهات XBee تحكماً لاسلكياً جاهزاً وبسيطاً.

تشبيك XBee المشبكي

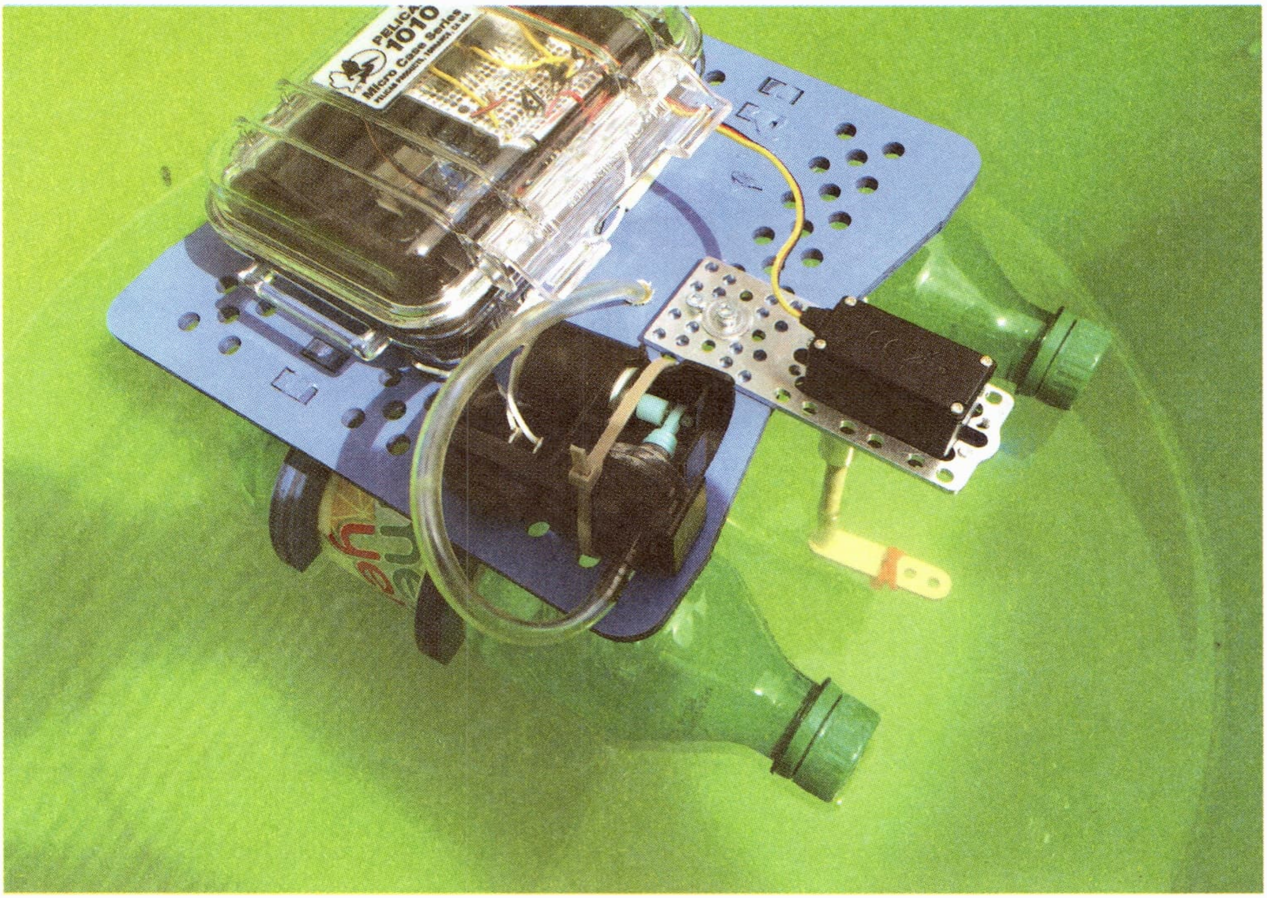
دعـــنا نستطرد قليلاً ونتكلم عن طريقة أخرى للتحكم بمركبتك غير المأهولة. أكثر تحديداً، دعنا نناقش كيفية استخدام التكنولوجيا التي ستتحكّم بمركبتك غير المأهولة المنقولة بالماء.

التشبيك المشبكي (mesh networking) باستخدام الوحدة اللاسلكية XBee (راجع الشكل 11-6) يـــشكّل طـــريقةً مـــرنةً لربط عدة بطاقات أردوينو ببعضها. ستكون لديك عقدتان فقط في مشروع هذا الفـــصل: المركبةِ غير المأهولة والمتحكم. لكن تستطيع التكنولوجيا توصيل عدد من العُقد أكبر من ذلك - 256 أو أكثر، بناءً على طراز الراديو.

تختلف الشبكة المشبكية عن الشبكات الهرمية أكثر من حيث أن كل العُقد متساوية: فعندما ترسل أمراً، سيسمعه كل راديو في الشبكة. لذا، لكي تخاطب أحد الراديوهات بالتحديد، عليك أن تحدِّد في البرنامج أن كل راديو عليه الإنصات فقط إلى الأوامر الموجَّهة إليه. هذا ليس خيارك الوحيد: تأتي راديوهات XBee في عدة تكاوين متنوعة، ويمكنك تحديد أنواع مختلفة من الشبكات.

ترتكز راديوهات XBee على ZigBee، وهو بروتوكول لاسلكي قياسي له عدة نكهات مختلفة ونتائج فرعية. ويتم تصنيف راديوهات XBee ذات الحد الأدنى عند 1 ميلليواط، ويصل مداها إلى 25 متراً داخل البـــيت و90 متراً في الهواء الطلق. هناك إصدارٌ "محترفٌ" (Pro) أغلى ثمناً ويقدِّم مدى أفضل: 40 متراً في البيت و1,200 متراً في الهواء الطلق. ورغم أن الإصدار المحترف مثيرٌ للإعجاب، إلا أن الطراز الأساسي رائعٌ للمركبات غير المأهولة القصيرة المدى.

لمزيد من المعلومات عن إعداد شبكة Xbee خاصة بك، راجع مواد Bildr التعليمية عن XBee (على العـــنوان http://bildr.org/?s=xbee)، كمـــا يقدِّمُ موقع الويب adafruit.com معلومات رائعة أيضاً: .https://learn.adafruit.com/xbee-radios/overview



الشكل 11-7 يدفع زورق زجاجات المياه الغازية نفسه بواسطة مضخّة هوائية ويمكن التحكم به لاسلكياً.

مشروع: زورق زجاجات المياه الغازية

الآن وقد أصبحت مطلعاً على أحدث أساليب مكافحة تسرّب الماء والشبكات XBee، دعنا نناقش مشروع هذا الفصل: المركبة غير المأهولة العائمة التي تتألف من منصة خشبية فوق زجاجتَي مياه غازية (راجع الشكل 11-7) وتسير بواسطة مضخّة هوائية ويتم التحكّم بها بواسطة أداة تحكم لاسلكي عن بُعد ستبنيها بنفسك. هيا نبدأ!

القطع

ستحتاج إلى القطع التالية لبناء زورق زجاجات المياه الغازية:

- هيكل مقصوص بالليزر. يمكنك تنزيل التصميم من http://www.thingiverse.com/jwb. قصّ الهيكل من لوح خشب رقائقي سماكته 3 ملم.
- زجاجتا مياه غازية. استخدمتُ زجاجتين نموذجيتين حجم نصف ليتر، قطرها 7 سم عند الملصق، وأعرض قليلاً فوق الملصق، ثم يضيق القطر إلى 2.5 سم عند العنق. إذا كانت زجاجاتك مختلفة، ستريد تعديل نمط الليزر وفقاً لذلك.

- علبة Pelican (رقم القطعة 1010).
- أردوينو UNO.
- راديوان XBee. أقترح عليك السلسلة 1 من SparkFun (رقم القطعة 8665). ستحتاج إلى اثنين!
- لوحتا تجارب XBee لإدارة الراديوهات (SparkFun رقم القطعة 11373).
- مضخّة هوائية تعمل على البطارية. كلما كانت أخف وزناً، كلما كان ذلك أفضل! يمكنك إيجاد أنواع رخيصة منها في أي متجر حيوانات أليفة. لقد انتزَعتُ المضخّة من Marina (رقم القطعة 11134).
- أنبوب. استخدَمتُ أنبوب المشروبات Tygon B-44-3، لكن لا داعي لأن يكون أنبوبك آمناً غذائياً. فأي شيء قطره الخارجي 0.6 سم وقطره الداخلي 0.5 سم سيعمل بشكل جيد. اشتريتُه من موقع أمازون.
- محرّك مؤازر. واحدٌ مضادٌ للماء كالمحرّك Hitec رقم القطعة 35646S سيكون رائعاً، لكن طاقته أكثر بكثير مما تحتاج إليه. وحتى محرّك مؤازر صُغري فرعي سيكون ملائماً لهذا العمل. لقد انتهى بي المطاف إلى استخدام محرّك Hitec HS422. يمكنك شراء هذه المحرّكات المؤازِرة وغيرها من موقع الويب ServoCity.com.
- صفيحة محرّك مؤازِر. استخدَمتُ صفيحةً Actobotics رقم القطعة 575144 لتثبيت المحرّك.
- مهايئ لعمود المحرّك المؤازِر (Actobotics رقم القطعة HSA250). هذا يحمي طرف الدِسار أثناء توصيله بأمان بمحور المحرّك المؤازِر.
- دِسار، قطره 0.6 سم، وطوله 7.5–10 سم.
- ثلاثة أزرار. ستريد أزراراً "سريعةً" تُفلَت عندما ترفع إصبعك عنها. SparkFun رقم القطعة 9190 هو نوع جيد.
- لوحتان أولّيتان (proto). أقترح إما "اللوحات العارية المثقوبة الفينولية لصنع النماذج الأولية" من Jameco (رقم القطعة 616690) أوSparkFun ProtoShield (رقم القطعة 7914).
- صف دبابيس ذكرية (SparkFun رقم القطعة 12693).
- الترانزستور TIP120 Darlington (Adafruit رقم القطعة 976). هذه البدّالة الإلكترونية تشغّل المضخّة عندما تعطيها الأردوينو إشارةً.
- لمبتان LED (دايود باعث للضوء). سنستخدم لمبتين فقط، وأي لمبات LED قديمة ستفي بالغرض.
- مقاومان، 220 أوم. يبيع SparkFun تشكيلةً متنوعةً منها (رقم القطعة 10969) تتضمن ما قوته 220 أوم.

- دايود 1N40001 (Adafruit رقم القطعة 755).
- شريط لاصق مزدوج الجوانب.
- سلك.
- ربطات بلاستيكية.

بناء المركبة غير المأهولة

بعـد الحـصول على كل القطع، يكون قد حان الوقت لبناء الزورق. وبعدما تنتهي من بنائه، ستبني المتحكم.

1. قصّ الهيكل بالليزر. يبيِّن الشكل 11-8 كيفية لصق مساند الزجاجات بالغراء. بصراحة، الهيكل هو شيء يمكنك تنفيذه بشريط تغطية (المُستخدم عند الطلاء) وكرتون؛ ولا داعي لأن يكون فاخراً مثلما ترى هنا. فطالما يثبّت الزجاجات مكانها ويُبقي الصندوق فوق الماء، سيكون ممتازاً.



الشكل 11-8 يتضمن تصميم الهيكل مساند الزجاجات هذه.



الشكل 11-9 جمِّع الهيكل.

2. جمِّع الهيكل بلصق القطع ببعضها، مثلما ترى في الشكل 11–9. وبعدما يجفّ الغراء، غطّه بطبقتين من مرشّة الطلاء المفضّلة لديك لحمايته من الرطوبة.

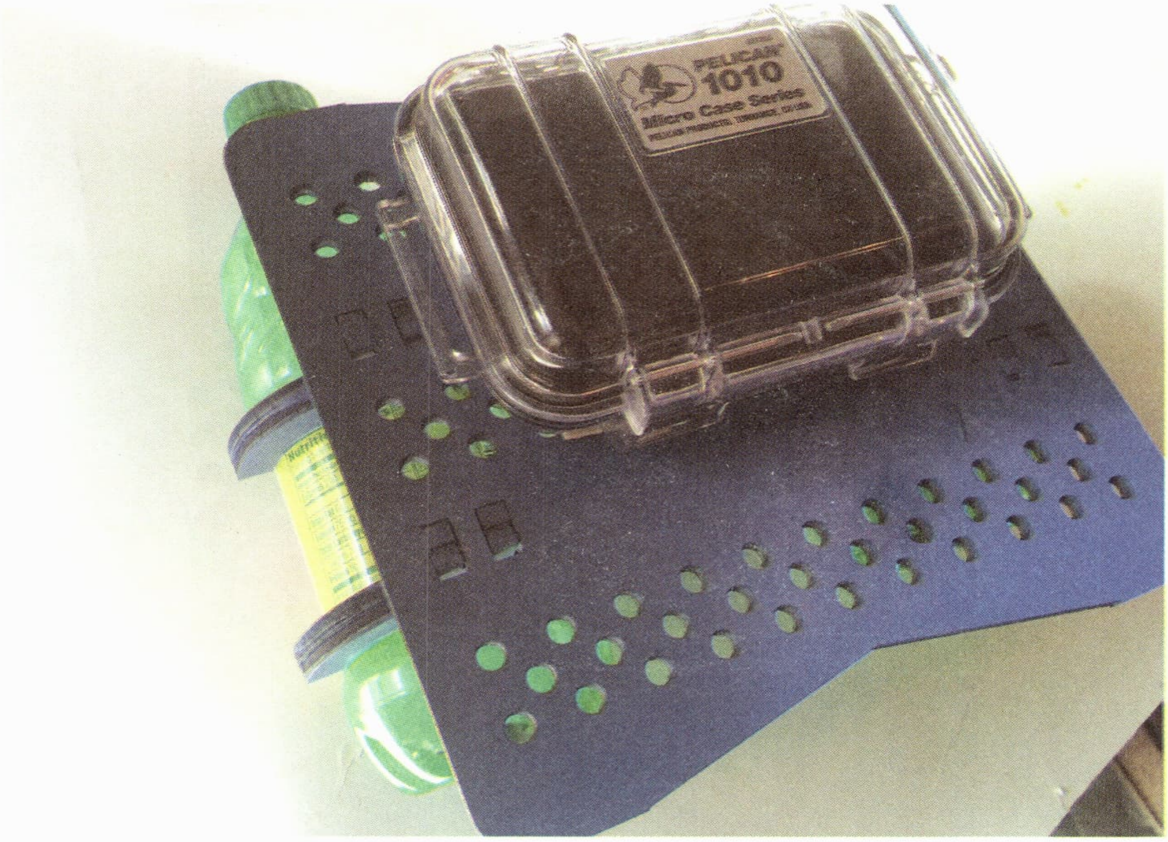
3. وصِّل علبة Pelican (المبيَّنة في الشكل 11–10) باستخدام شريط لاصق مزدوج الجوانب، أو يمكنك استخدام ربطات بلاستيكية. أو حتى يمكنك حَفر ثقوب تركيب في القاعدة وتثبيت الهيكل مكانه باستخدام براغي – رغم أن هذا سيجعله أقل منعاً للماء. لقد وضعتُ الهيكل على زجاجات المياه الغازية لكنني لم أربطها بعد.

4. لحِّم لوحة تجارب الأردوينو بتنفيذ الخطوات الفرعية التالية:

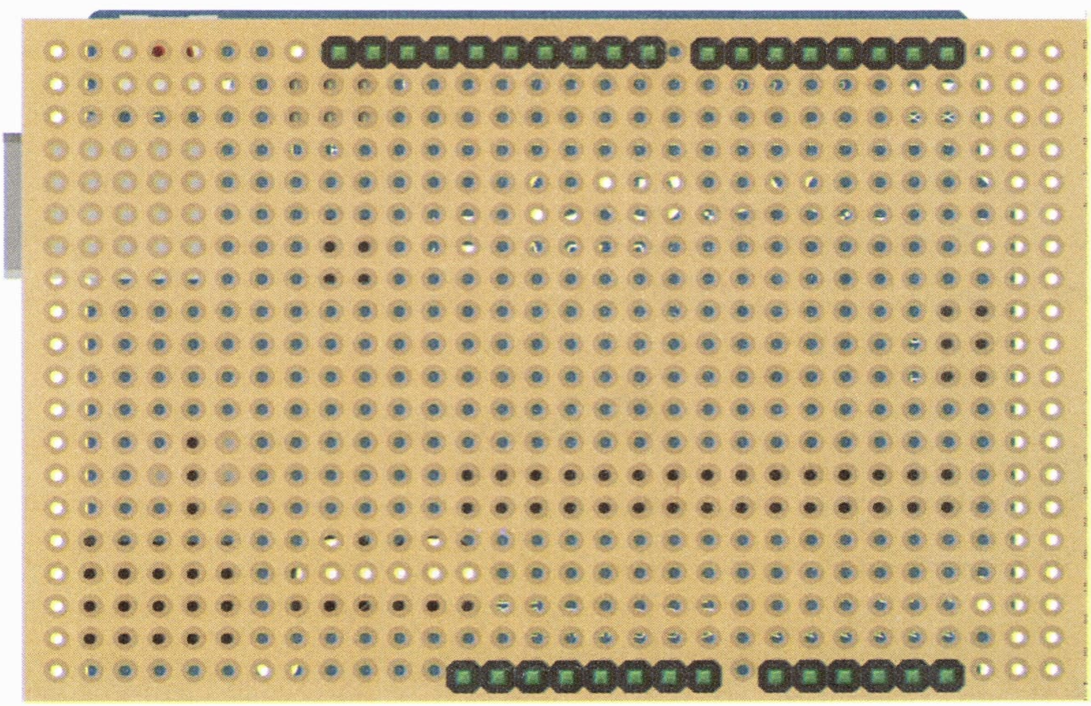
أ. أضف صف الدبابيس إلى لوحة التجارب، مثلما هو مبيَّن في الشكل 11–11؛ عليها أن تتوافق مع الدبابيس على الأردوينو. حتى أنك قد ترغب باستخدام الأردوينو نفسها لتساعدك في إبقاء الدبابيس مكانها بينما تلحِّمها من فوق، فقط لإبقاء كل شيء مستقيماً.

ب. لحِّم XBee Explorer باللوحة واستخدم أسلاكاً لتوصيل دبابيسها بدبابيس أردوينو الملائمة. يتصل دبوس مَخرج البيانات (السلك الزهري في الشكل 11–12) بالدبوس 3 على الأردوينو،

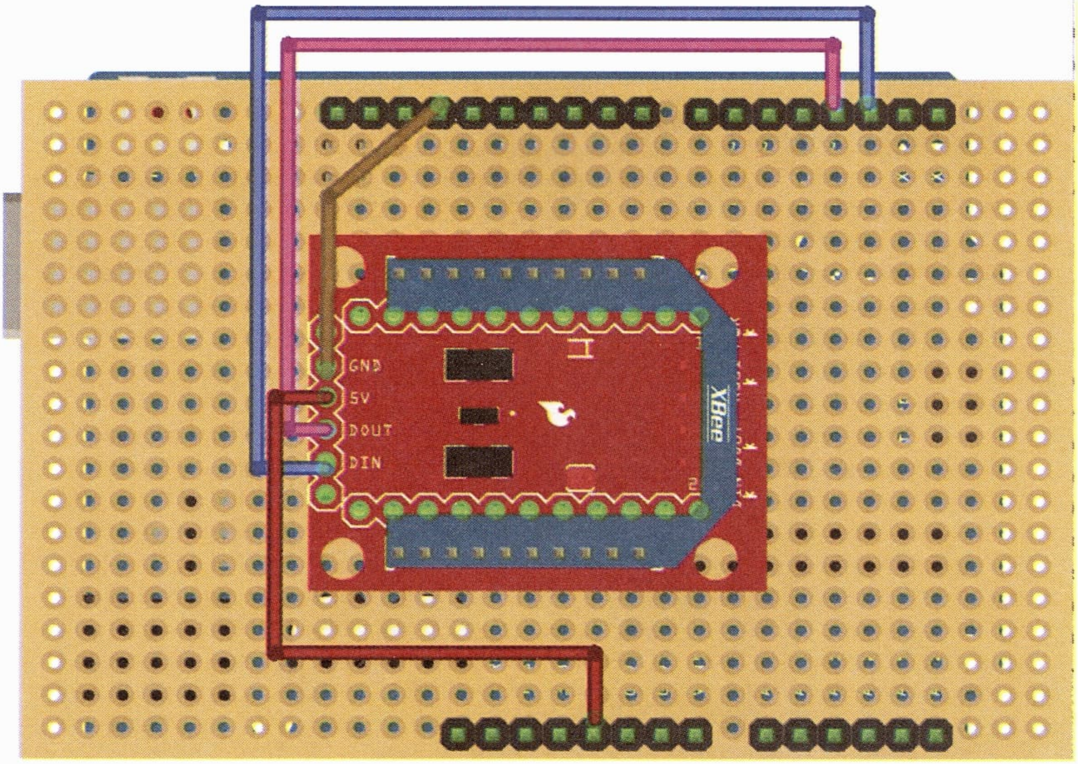
بينما يتصل دبوس مَدخل البيانات (الأزرق) بالدبوس 2. ويتصل دبوسا الطاقة (الأحمر) والتأريض (البني) بالدبابيس المناسبة لهما على الأردوينو.



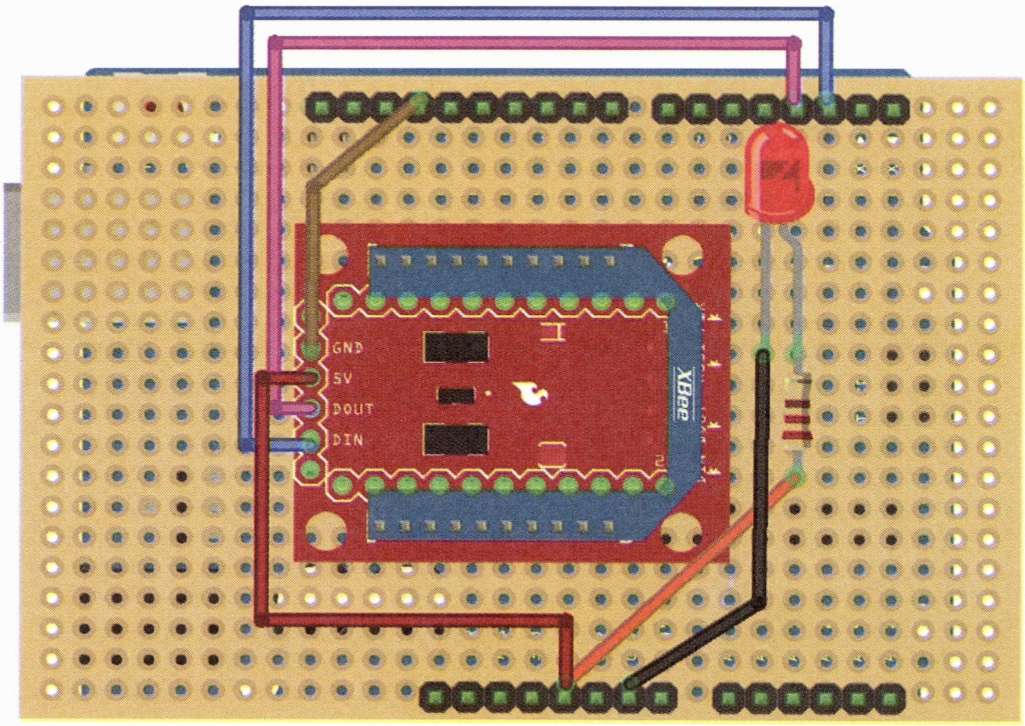
الشكل 11-10 وصِّل علبة Pelican بالهيكل.



الشكل 11-11 لحِّم صف الدبابيس باللوحة.

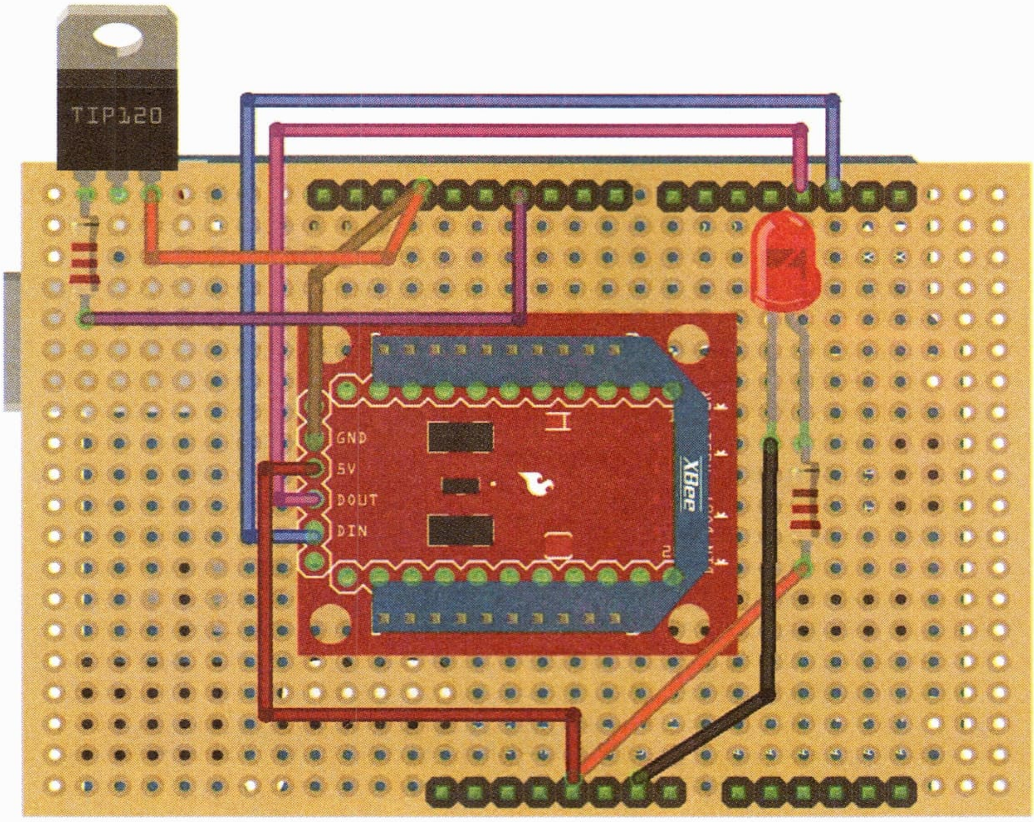


الشكل 11-12 أضف XBee Explorer.



الشكل 11-13 لحِّم لمبةً اختباريةً ومقاوِماً.

ج. سنضيف لمبةً للحالة ستُضيء عند وصول الطاقة إلى الأردوينو. وصِّل 5 فولط بالسلك الموجب للمبة مع وضع مقاوِمٍ قوته 220 أوم بينهما. إنني أستخدم سلكاً برتقالياً في الشكل 11-13. وصِّل السلك السالب للمبة بالتأريض، المبيَّن كسلكٍ أسود في الشكل.



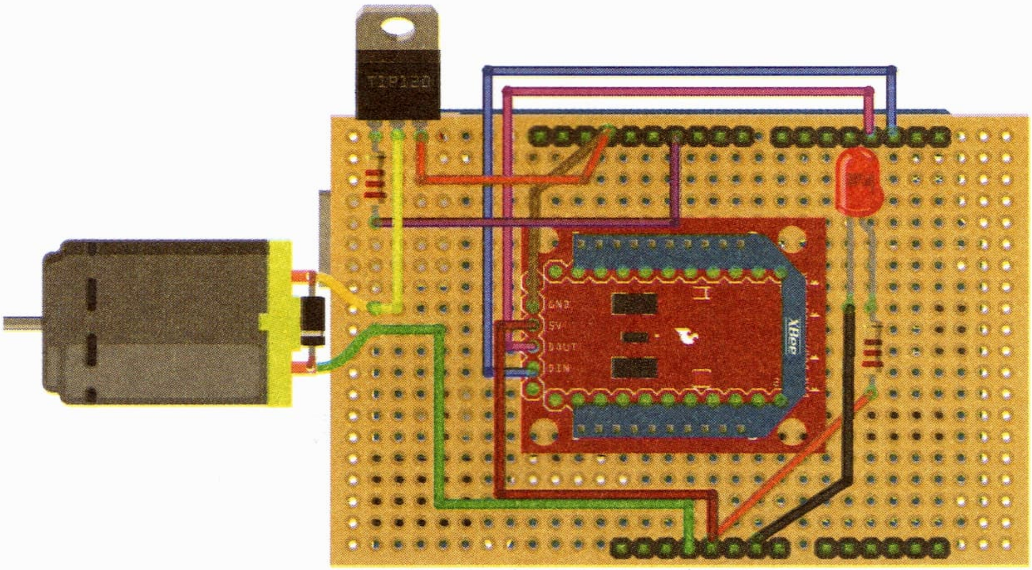
الشكل 11-14 لحِّم الترانزستور TIP120 باللوحة.

د. أضف الترانزستور TIP120 إلى اللوحة، مع توصيل دبوس أقصى اليسار (يسمّى القاعدة) بالدبوس 11 للأردوينو من خلال مقاومٍ 2.2K. هذا مبيَّن كسلك أرجواني في الشكل 11–14. يتصل دبوس أقصى اليمين، يسمّى الباعث (emitter)، بدبوس تأريض الأردوينو، وهذا مبيَّن كسلكٍ أزرق سماوي في الشكل.

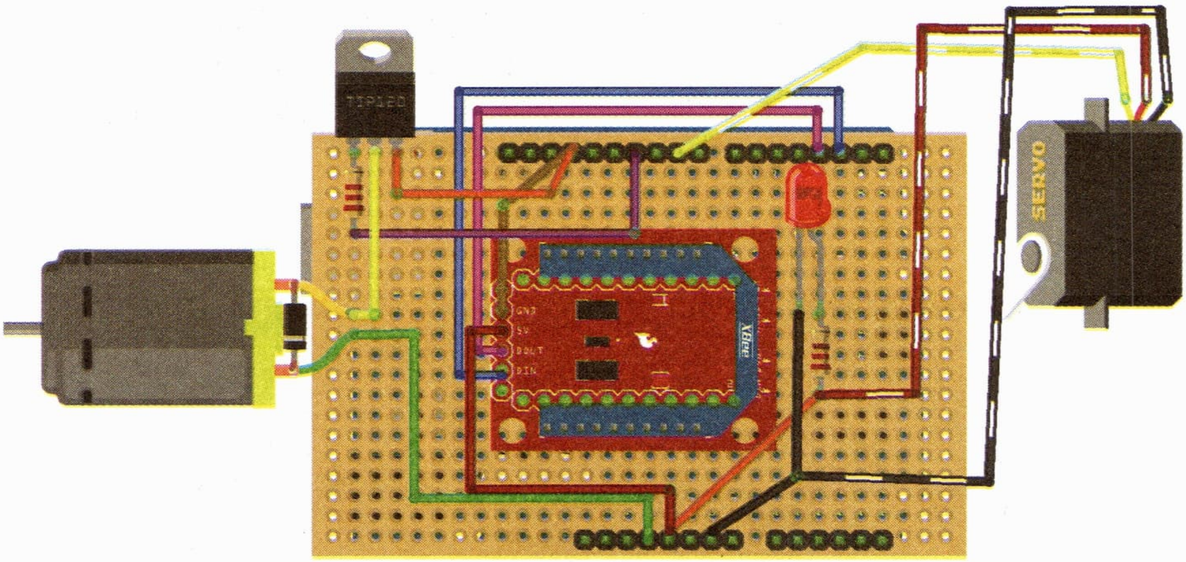
هـ. أضف المضخّة والدايود. يساعد الدايود على منع المحرّك من تغذية نفسه بشكل مرتدّ، ومن الجيد شمل واحد كلما استخدمتَ محرّك تيار مستمر، والمضخّة هنا مثالٌ عن هذا. يتصل أحد أسلاك المحرّك (مبيَّن كسلكٍ أخضر في الشكل 11–15) بالدبوس 3.3 فولط على الأردوينو، بينما يتصل السلك الآخر (الأصفر) بالدبوس الوسطي للترانزستور، الذي يسمّى المجمِّع (collector).

و. أضف المحرّك المؤازِر. السلك المقلّم بالأصفر والأبيض (مبيَّن في الشكل 11–16) هو سلك البيانات ويتصل بالدبوس 9 على الأردوينو. ويتصل السلكان الآخران، الأحمر والأسود (كلاهما مقلَّم)، بالدبوس 5 فولط والتأريض، على التوالي. ستصادفك عادة محرّكاتٌ مؤازرةٌ ذات قابسات على طرف السلك. إذا كان الحال هكذا، يمكنك تلحيم بعض صفوف الدبابيس الذكرية ثم توصيل المحرّك المؤازِر بكل بساطة.

ز. عندما تصبح جاهزاً لمدّ المركبة غير المأهولة بالطاقة، وصِّل بطاريةً 9 فولط بحاملة البطارية وأدخِلها في المقبس الأسطواني على الأردوينو.



الشكل 11-15 وصِّل المضخّة والدايود.

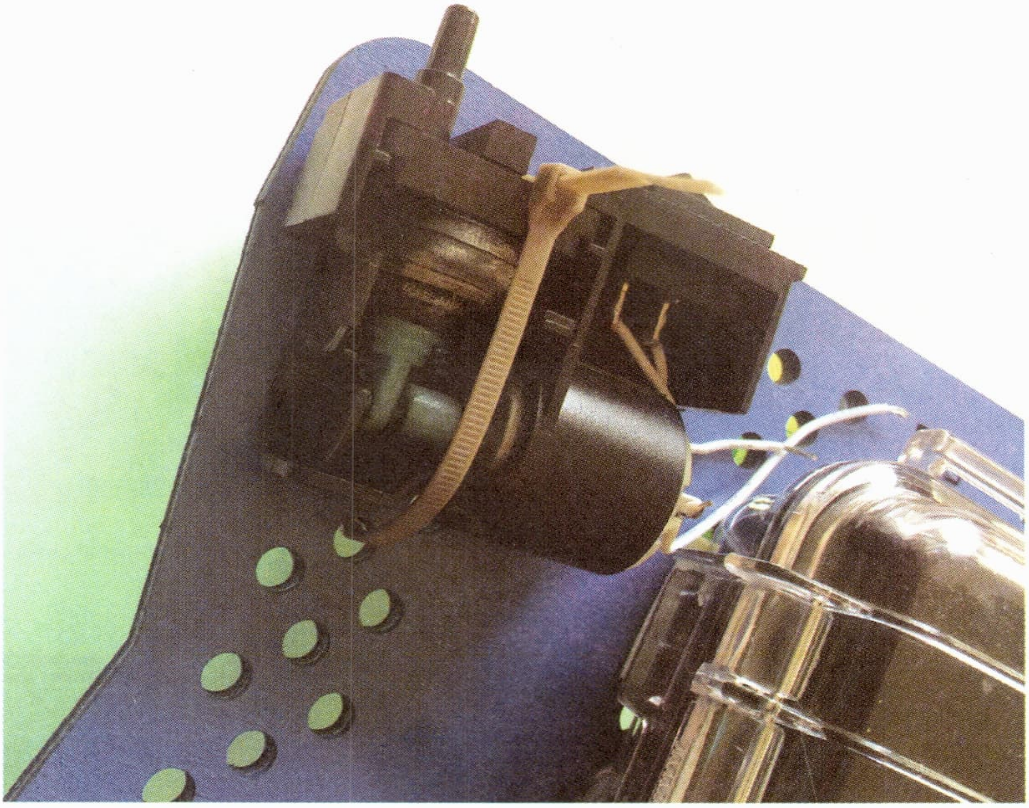


الشكل 11-16 ثم وصِّل المحرّك المؤازِر.

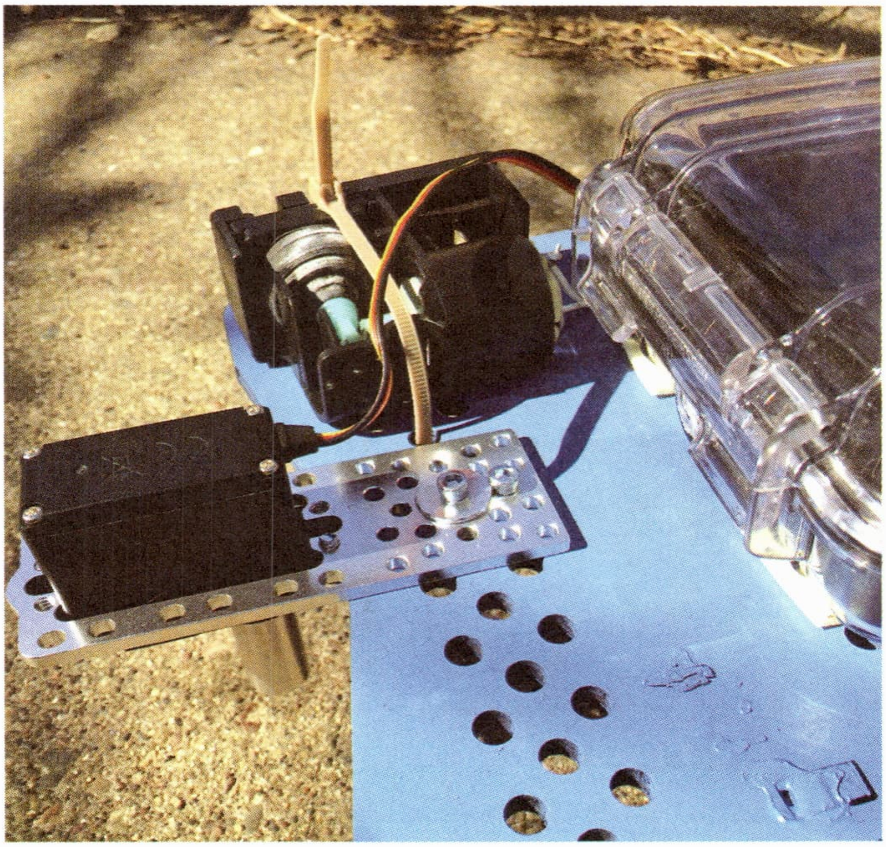
5. وصِّل المضخّة الهوائية بالهيكل باستخدام ربطة بلاستيكية (راجع الشكل 11–17). يستطيع أنبوب الإخراج أن يشير في أي اتجاه، بما أن الأنبوب البلاستيكي سيوجِّه انسياب الهواء في الاتجاه الذي نريده.

6. وصِّل المحرّك المؤازِر بالهيكل بمساعدة صفيحة المحرّك المؤازِر. يجب أن يشبه الشكل 11–18.

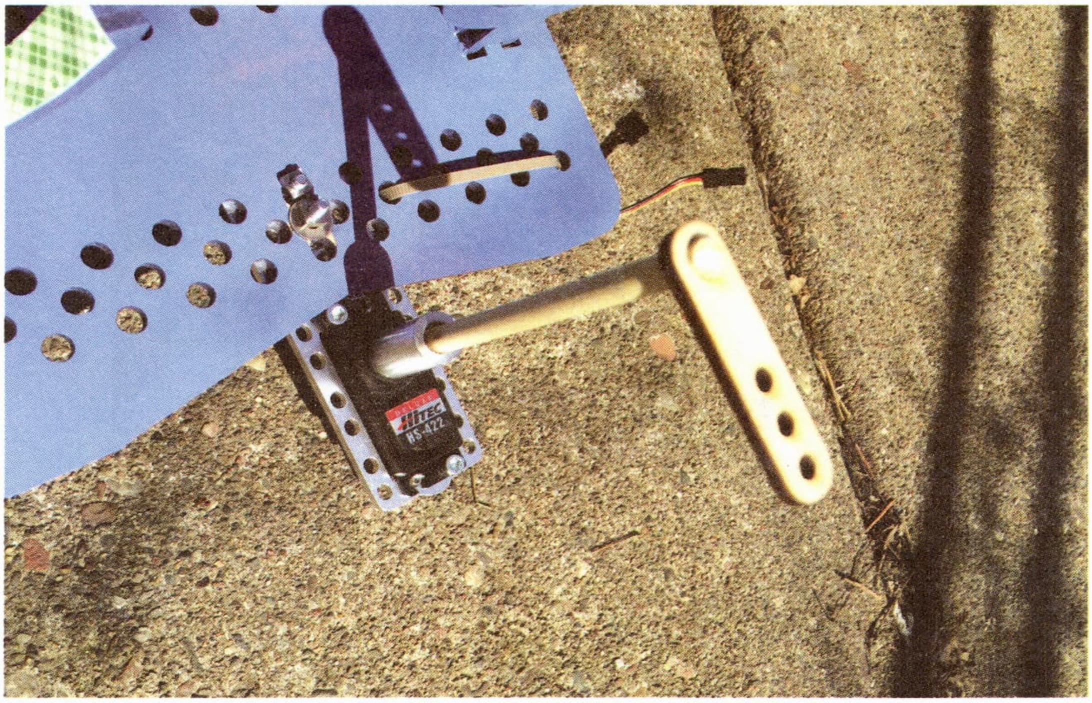
7. وصِّل الدسار بالمحرّك المؤازر باستخدام مقرَنة العمود، كما هو مبيَّن في الشكل 11–19. فقط أدخله في محدّدات محور المحرّك المؤازِر، ثم ثبّته بواسطة البرغي البوقيّ الذي يُباع مع المحرّك المؤازِر. أدخِل الدسار في الطرف 5 ملم للمقرَنة وثبّته باستخدام مجموعة البراغي المرافقة. وبينما تفعل ذلك، ألصق حامِلة الأنبوب بطرف الدِسار بواسطة الغراء – لقد طبعتَ هذه القطعة الصغيرة مع بقية الهيكل.



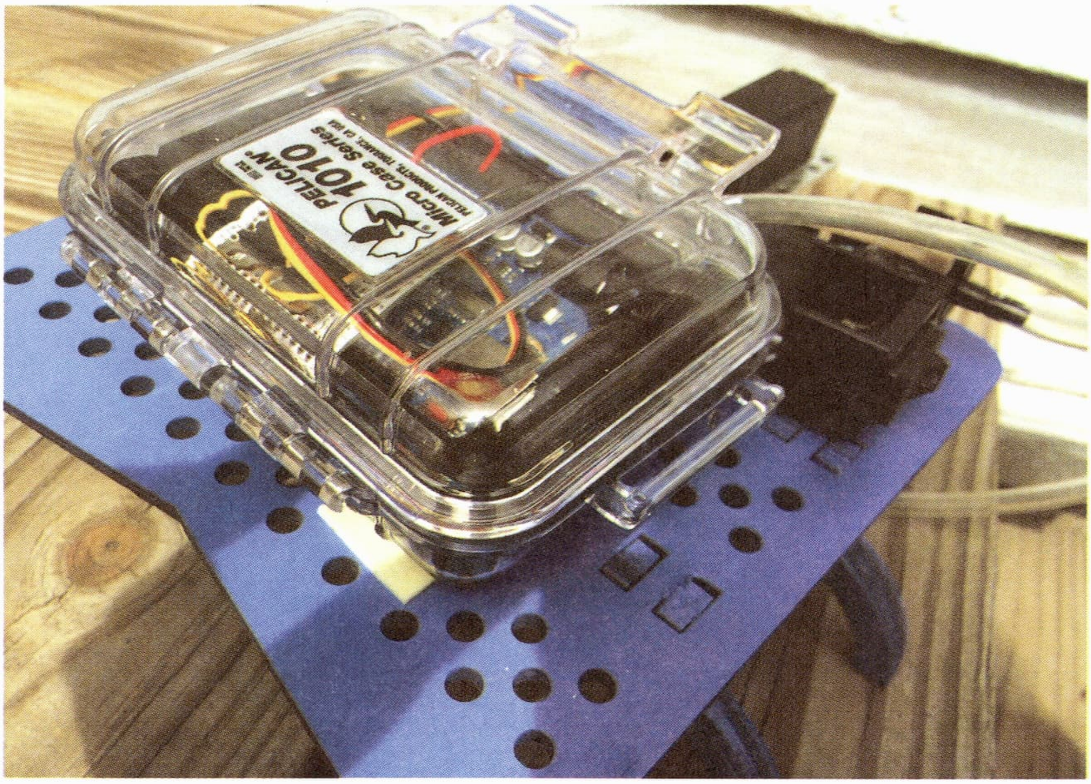
الشكل 11-17 وصِّل المضخَّة الهوائية بواسطة ربطة بلاستيكية.



الشكل 11-18 وصِّل المحرّك المؤازِر بالهيكل.

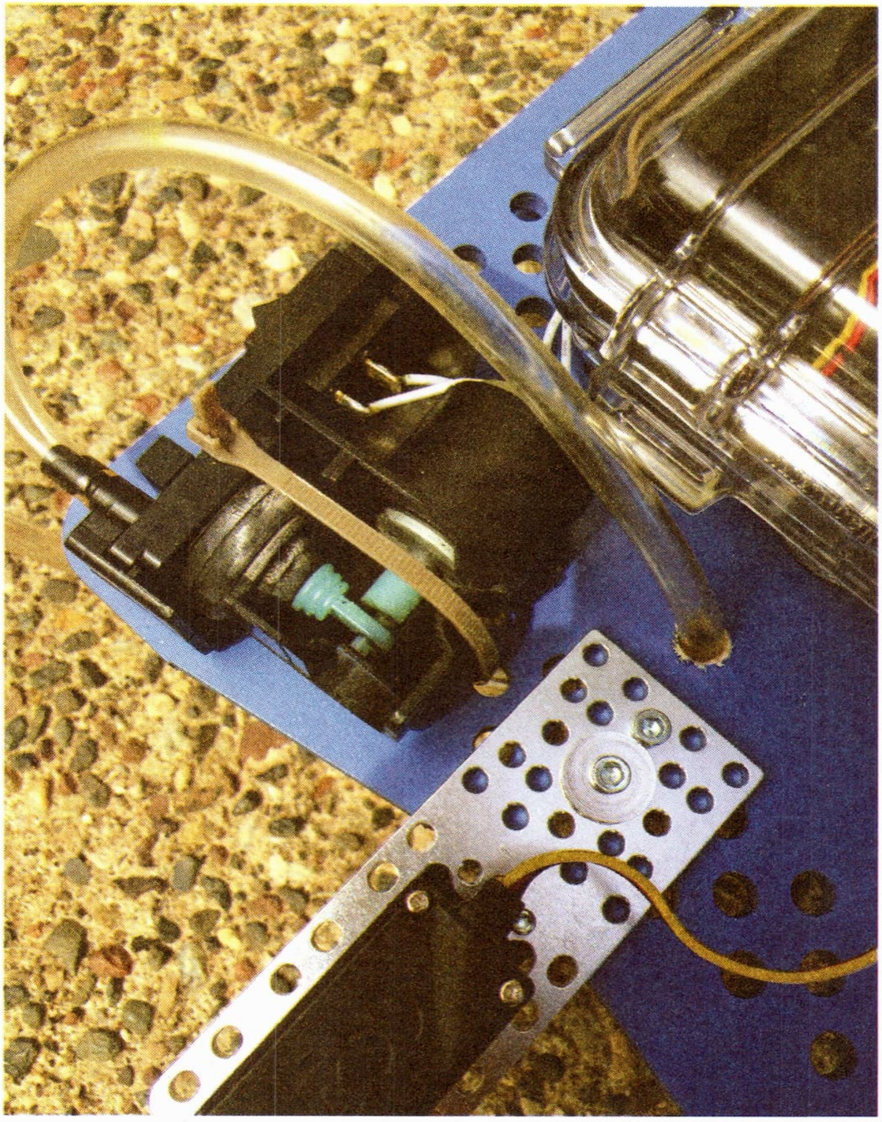


الشكل 11-19 ركِّب الدِسار على المحرّك المؤازِر.



الشكل 11-20 ضع الإلكترونيات في العلبة Pelican.

8. ضع حزمة الإلكترونيات في العلبة Pelican، مع التأكد أن لديك ما يكفي من السلك لتركيب المضخّة والمحرّك المؤازِر في مكانيهما الملائمين (راجع الشكل 11–20). قد تحتاج إلى تعديل العلبة للسماح للأسلاك بالخروج؛ رغم أن هذا سيؤثر على مناعة العلبة ضد الماء، إنها تضحية ضرورية!

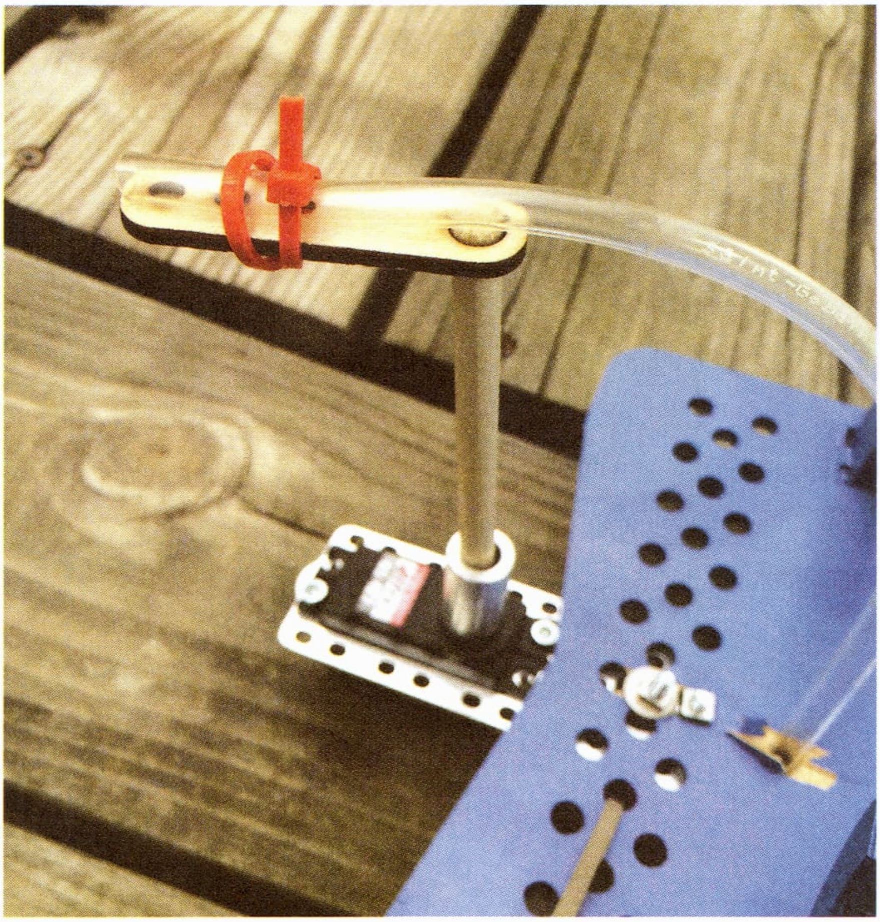


الشكل 11-21 مرّر الأنبوب عبر ثقب في الهيكل.

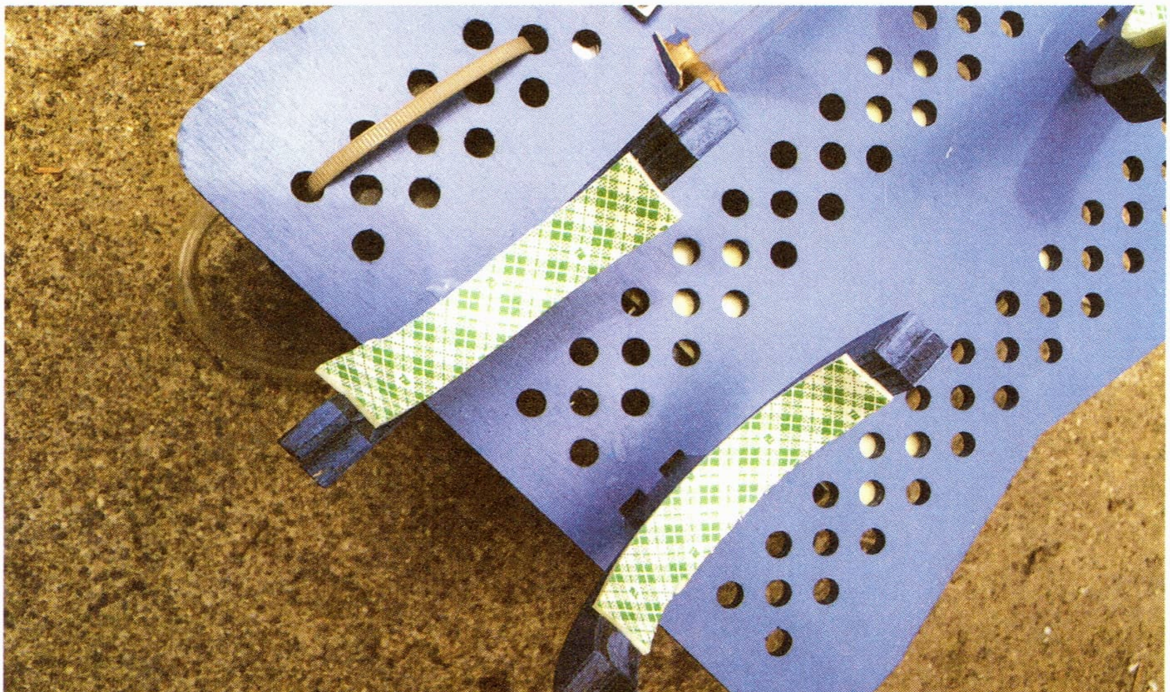
9. وصِّل أنبوباً بمَخرج المضخّة ومرّره عبر ثقبٍ في الهيكل - احَفر ثقباً إذا دعت الحاجة. يبيِّن الشكل 11-21 كيف يجب أن يبدو هذا.

10. استخدم ربطةً بلاستيكيةً لربط الأنبوب بحاملته على الدِسار، مثلما هو مبيَّن في الشكل 11-22.

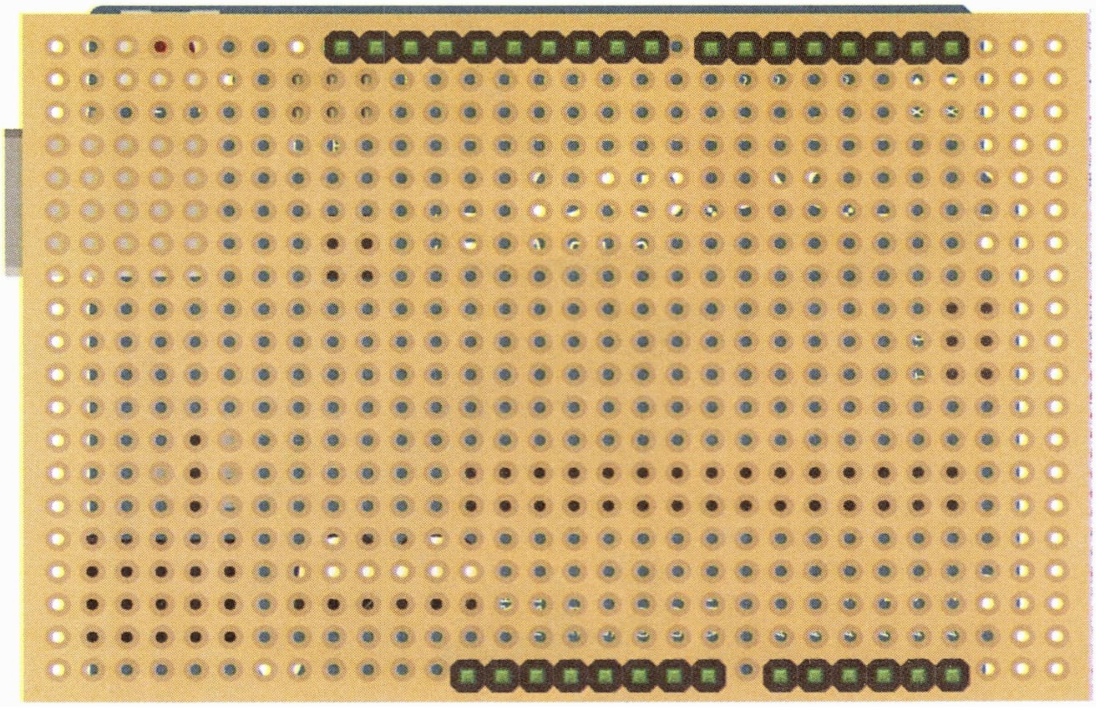
11. في الخطوة الأخيرة لتركيب أجهزة المركبة غير المأهولة، وصِّل زجاجات المياه الغازية بالهيكل باستخدام شريط لاصق مزدوج الجوانب، مثلما هو مبيَّن في الشكل 11-23. فقط مرّر الشريط على الجهة الداخلية لمساند الزجاجات.



الشكل 11-22 احنِ أنبوب الإخراج لدفع المركبة غير المأهولة إلى الأمام.



الشكل 11-23 أضف شريطاً لاصقاً مزدوج الجوانب إلى مساند الزجاجات.



الشكل 11-24 لحِّم صف الدبابيس بلوحة التجارب.

بناء المتحكم

المــتحكم مشابه لحزمة إلكترونيات المركبة غير المأهولة من حيث أن له لوحةً XBee وبطاقةً أردوينو، لكنه يستبدل زرين للمحرّكات. نفّذ الخطوات التالية:

1. جمِّع حزمة الإلكترونيات. نفّذ الخطوات الفرعية التالية لإكمال عملية التجميع:

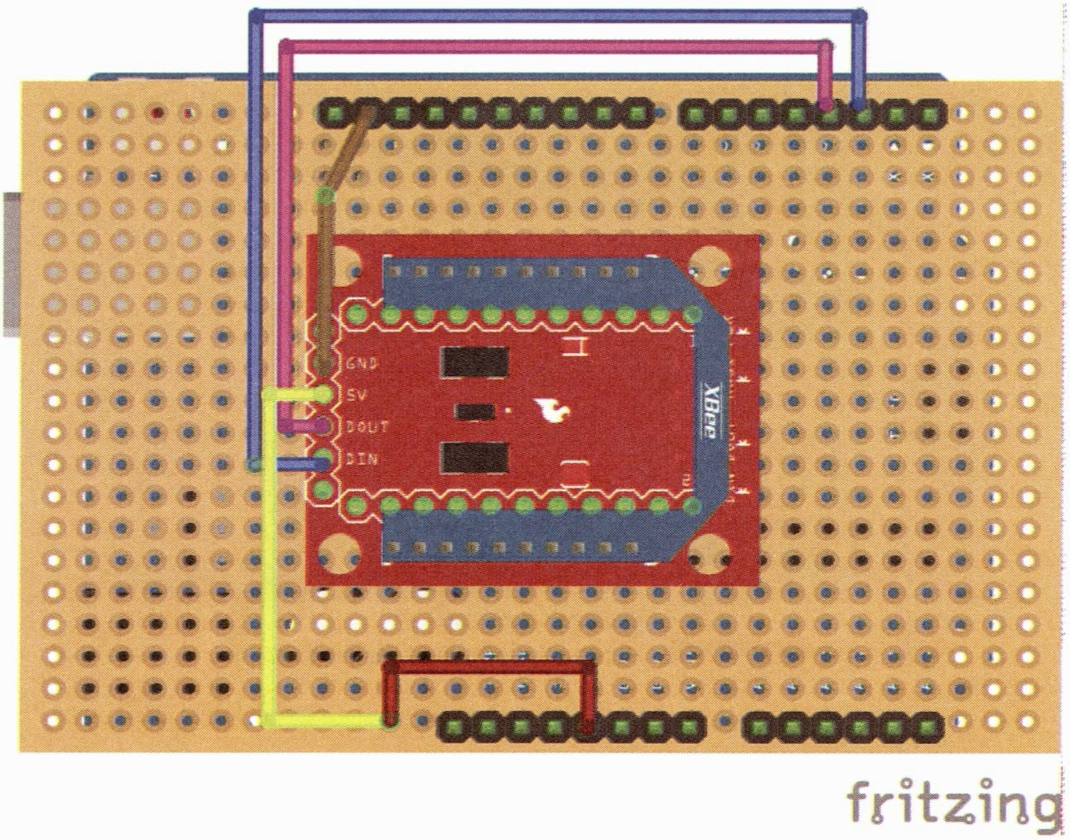
أ. أضف صف الدبابيس إلى لوحة التجارب، مثلما هو مبيَّن في الشكل 11–24، تماماً مثلما فعلت مع لوحة المركبة غير المأهولة.

ب. لحِّم XBee Explorer باللوحة واستخدم أسلاكاً لتوصيل دبابيسها بدبابيس أردوينو الملائمة، تماماً مثلما فعلت من قبل. لقد استخدَمتُ نفس ألوان الأسلاك كما من قبل: يتصل مَخرج البيانات (السلك الزهري في الشكل 11–25) بالدبوس 3 على الأردوينو، بينما يتصل دبوس مَدخل البيانات (الأزرق) بالدبوس 2. ويتصل دبوسا الطاقة (الأحمر) والتأريض (البني) بالدبابيس بالمناسبة لهما على الأردوينو.

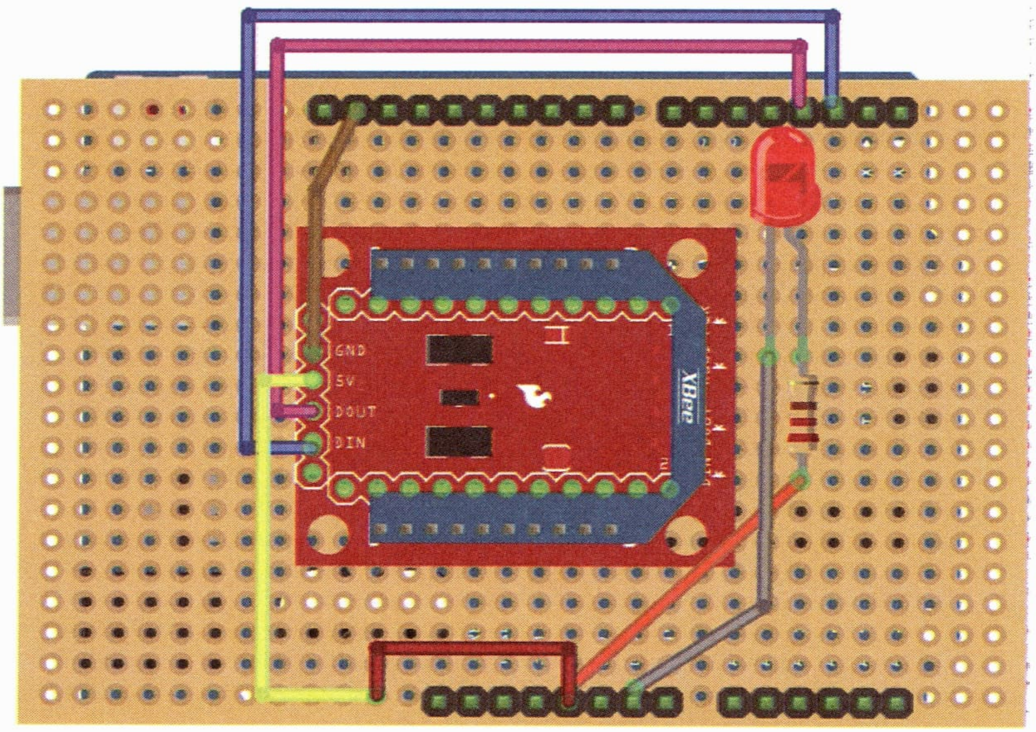
ج. لحِّم لمبةً للحالة مثلما فعلت من قبل: وصِّل 5 فولط بالسلك الموجب للمبة مع وضع مقاومٍ قوته 220 أوم بينهما. إنني أستخدم سلكاً برتقالياً في الشكل 11–26. وصِّل السلكَ السالبَ للمبة بالتأريض، المبيَّن كسلكٍ أسود في الشكل.

د. أضف زرَين. لكليهما 5 فولط موصولة بأحد الأسلاك (الأسلاك الأرجوانية في الشكل 11–27)؛ ويتصل السلك السالب بدبوسٍ رقميٍ على الأردوينو – الدبابيس 6 (السلك البرتقالي) و7

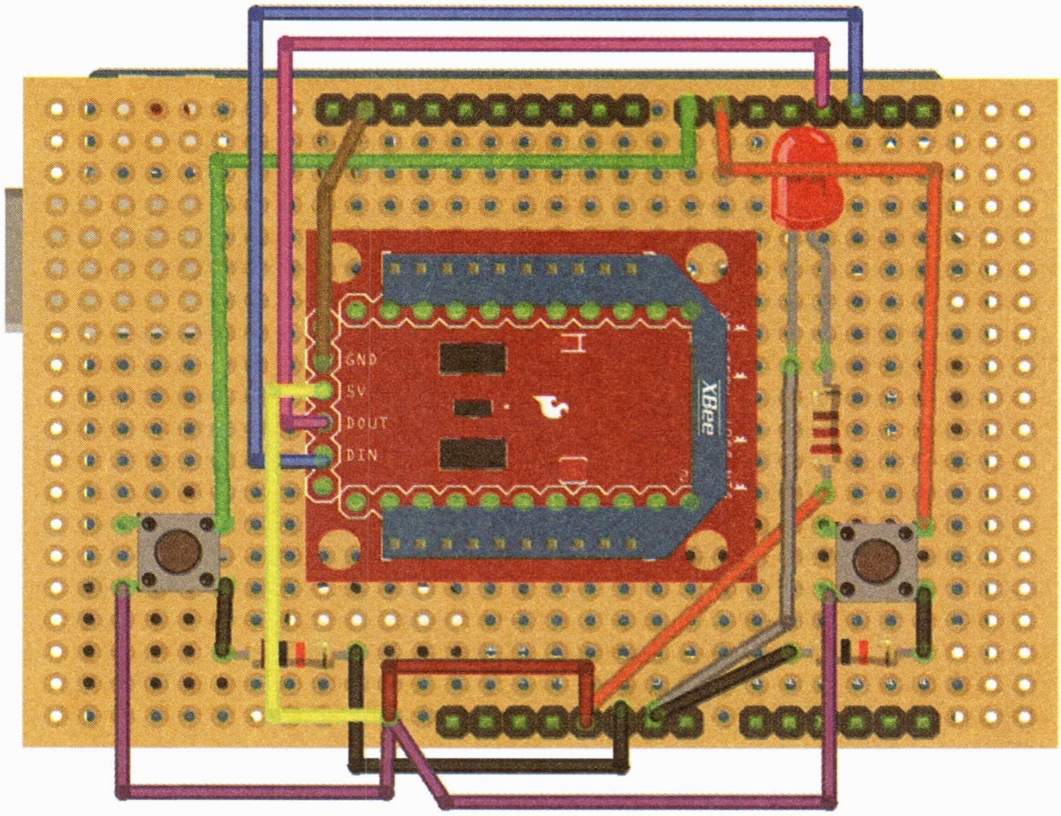
(الأخضر) لكليهما. أخيراً، وصِّل الدبوس السالب بالتأريض مع وجود المقاوِمات 2K بينهما. هذا مبيَّن باستخدام أسلاك سوداء في الشكل. لقد أنهيت العمل مع المتحكم!



الشكل 11-25 أضف XBee Explorer.



الشكل 11-26 لحِّم لمبةً اختباريةً ومقاوِماً.



الشكل 11-27 تتحكم الأزرار بالاتجاه الذي يسير فيه الزورق.

برمجة زورق زجاجات المياه الغازية

الجميل في طبيعة الشبكة XBee، على الأقل بالنسبة لي، هو أن المتحكم والمركبة غير المأهولة متساويان - نظـــرياً، تـــستطيع المركبة غير المأهولة إرسال أمرٍ إلى المتحكم. لهذا السبب، يمكنك حرفياً تشغيل نفس الشيفرة في الوحدتَين. وهذا ما سنفعله. لذا، قم بتحميلٍ الشيفرة التالية إلى بطاقتَي الأردوينو:

```
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
//lets initialize a number of variables and constants
Servo myservo;
const int pumpPin = 11;
const int button1Pin = 6;
const int button1Pin = 7;
int button1State = 0;
int button2State = 0;

void setup()
{
  myservo.attach(9);  // attaches the servo on pin 9 to the servo object
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(6, INPUT);
```

```
  pinMode(7, INPUT);
  pinMode(button1Pin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(button2Pin, INPUT_PULLUP);
}

void process_incoming_command(char cmd)
{
  switch (cmd) {
  case '1': //left
    myservo.write(30); //turn the servo to 30 degrees
    delay(15);
    digitalWrite(pumpPin, HIGH);
    delay(1000); //turn on the pump for 1 second
    digitalWrite(pumpPin, LOW);
    break;
  case '2': //right
    myservo.write(150); //turn the servo to 150 degrees
    delay(15);
    digitalWrite(pumpPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(pumpPin, LOW);
    break;
  case '3': //forward
    myservo.write(90); //turn the servo 90 degrees
    delay(15);
    digitalWrite(pumpPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(pumpPin, LOW);
    break;
  default: //if no command is issued, the pump stops
    delay(1000);
    break;
  }
}

void loop()
{
  if (Serial.available() >= 2)
  {
    char start = Serial.read();
    if (start != '*')
    {
      return;
    }
    char cmd = Serial.read();
```

```
    process_incoming_command(cmd);
  }
  // Let's interpret the button-presses.
  button1State = digitalRead(button1Pin);
  button2State = digitalRead(button2Pin);

  if (button1State == HIGH) && if (button2State == LOW) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(1);
  }
  if (button1State == LOW) && if (button2State == HIGH) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(2);
  }
  if (button1State == HIGH) && if (button2State == HIGH) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(3);
  }

}
```

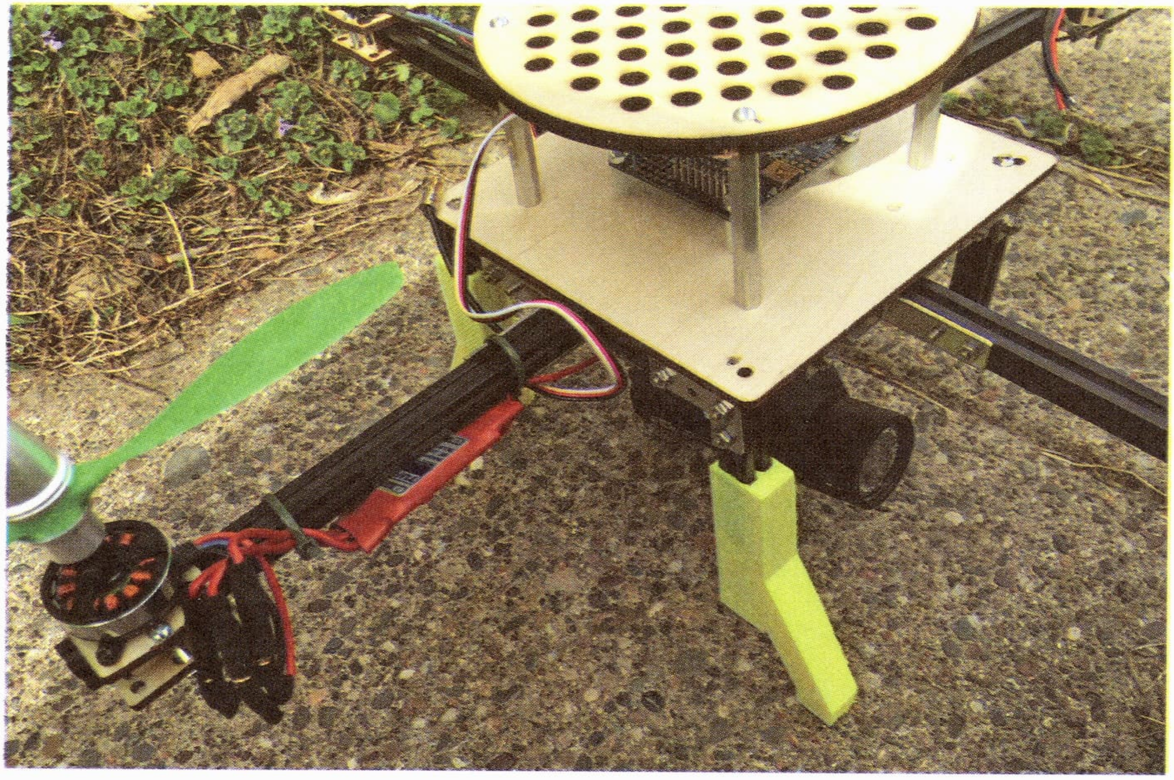
الخلاصة

لقـــد تعلَّمت في هذا الفصل عن المركبات غير المأهولة المنقولة بالماء كما أنك بنيتَ واحدةً في الواقع. وســـتُنهي في الفـــصل 12 عملية بناء الأجهزة للكوادكوبتر التي نقوم بتصنيعها مع تركيب منصة للكاميرا مطبوعة بالأبعاد الثلاثية ستتيح لك التقاط صورٍ أثناء الطيران.

12

بناء كوادكوبتر، الجزء الخامس: الأكسسوارات

لقد شرحتُ لك مواضيع مهمة حتى الآن في مشروع الكوادكوبتر مثل جهاز القيادة والمحرّكات والبطاريات. وقد حان الآن وقت فئة التسلية: كل شيء آخر! لقد تبيَّن أن هناك مجموعة من الزوائد التي يمكنك شراءها أو بناءها لعصفورك. ستتعلَّم في هذا الفصل عن بعض الخيارات المتوفرة لتزويد طائرتك بدون طيّار بالأكسسوارات. ثم ستضيف صفيحةً وقائيةً وحامل للكاميرا إلى الكوادكوبتر - يمكنك رؤية الطائرة بدون طيّار المكتملة في الشكل 12-1.



الشكل 12-1 ستُنهي بناء بدن الكوادكوبتر في هذا الفصل.

إضافة أكسسوارات إلى الكوادكوبتر

لقد أصبحت لديك كوادكوبترٌ - لكن ماذا الآن؟ يسعى العديد من طيّاري المروحيات الرُباعية إلى إضافة أكسسوارات مثل الكاميرات، ومنصة تصوير فيديوي، وصفائح وقائية. دعنا نستعرض حفنة من الخيارات المتوفرة أمامك.

كاميرا

الكاميرا هي الأكسسوار الأكثر لفتاً للأنظار على الأرجح ولها جاذبية واضحة على بقية الأكسسوارات هي إمكانية التقاط صور من نقطة أفضلية يستحيل على البشر تحقيقها. في الواقع، إنها أشهر أكسسوار على الأرجح، وحتى أن بعض الأشخاص يجنون مالاً ببيعهم صوراً التقطوها من طائرة بدون طيّار، لكن القوانين الحديثة جعلت هذه المسألة موضع شبهة بعض الشيء.

إحدى الفئات الفرعية للتركيب هي برجٌ مزوَّدٌ بمحرّك يمكن التحكّم به تسمّى محورانية (gimbal). تمكّنك المحورانية من التحكم بزاوية تصوير الكاميرا، بالإضافة إلى تشغيل مصراع الكاميرا (لالتقاط الصور). تُستخدَم المحورانيات مع الكوادكوبترات في معظم الأوقات، ولكن ليس دائماً! فالطائرات ذات الأجنحة الثابتة والعربات الجوّالة تستفيد أيضاً من تركيب تلك الأجهزة فيها.

يختار العديد من المصوّرين الفوتوغرافيين الجويين استخدام الكاميرا GoPro Hero (GoPro.com)، التي تحدّد سقفاً للتصوير الفوتوغرافي السريع والمتين والمضاد للماء (حتى 40 متراً). ستجد عدداً كبيراً من الهواة المتحمّسين للكاميرا GoPro ويستخدمون أساليب لا تُعدّ ولا تُحصى، وحاملات مطبوعة بالأبعاد الثلاثية، ووظائف إضافية صنع أطراف ثالثة للمشاركة. وهناك طراز شعبي آخر هو Contour ROAM، المبيَّن في الشكل 12-2. إنه أرخص من GoPro لكنه يقدِّم ميزات أقل. سأوضِّح لك لاحقاً في هذا الفصل كيفية إضافة كاميرا مماثلة إلى الكوادكوبتر.

التصوير الفيديوي عن بُعد

إن فكرة وجود كاميرا GoPro مركَّبة على الطائرة قد تمكّنك من تصوير بعض الفيديو الرائع، لكن النتائج قد تكون سيئة جداً إذا لم يكن هناك أحدٌ ينظر عبر العدسة خلال التصوير! فستريد أحياناً رؤية ما الذي ستصوّره الكاميرا، وهنا يأتي دور التصوير الفيديوي عن بُعد. يتألف إعداد التصوير الفيديوي عن بُعد من كاميرا صغيرة منخفضة الدقة، مع مرسلٍ وهوائي. تتم مشاهدة تغذية الفيديو على مستقبلٍ مطابق، والذي يتضمن شاشةً صغيرةً. المثير للاهتمام أن بعضَ أطقم التصوير الفيديوي عن بُعد تتضمن نظاراتٍ فيديو، مما يتيح لك أن ترى من خلال عيون الكوادكوبتر!

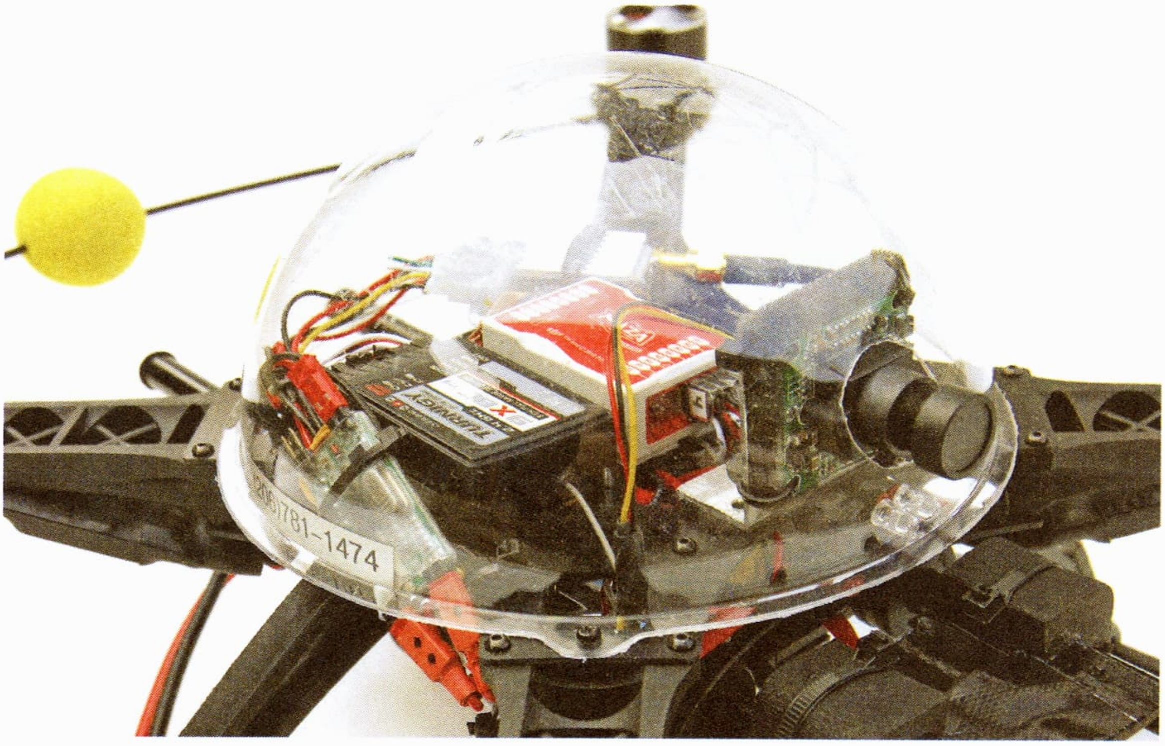
إحدى النواحي المثيرة للاهتمام في استخدام التصوير الفيديوي عن بُعد هي الظاهرة الحديثة لرياضة الطائرات بدون طيّار. إنني أتكلم عن السباقات، حيث يقود الطيّارون طائراتهم في حلبات سباق بينما يحدّقون من خلال عيون طائراتهم بدون طيّار. وهناك شركة، هي Game of Drones

(gameofdrones.com) تـــنظِّم "معارك جوية" حيث تفوز الكوادكوبتر التي تبقى محلّقة في الأجواء. حتى أنها تبيع أطقم هياكل "Hiro" متينة للمشاركين أو أي شخص آخر لكي يبني طائرته عليها.

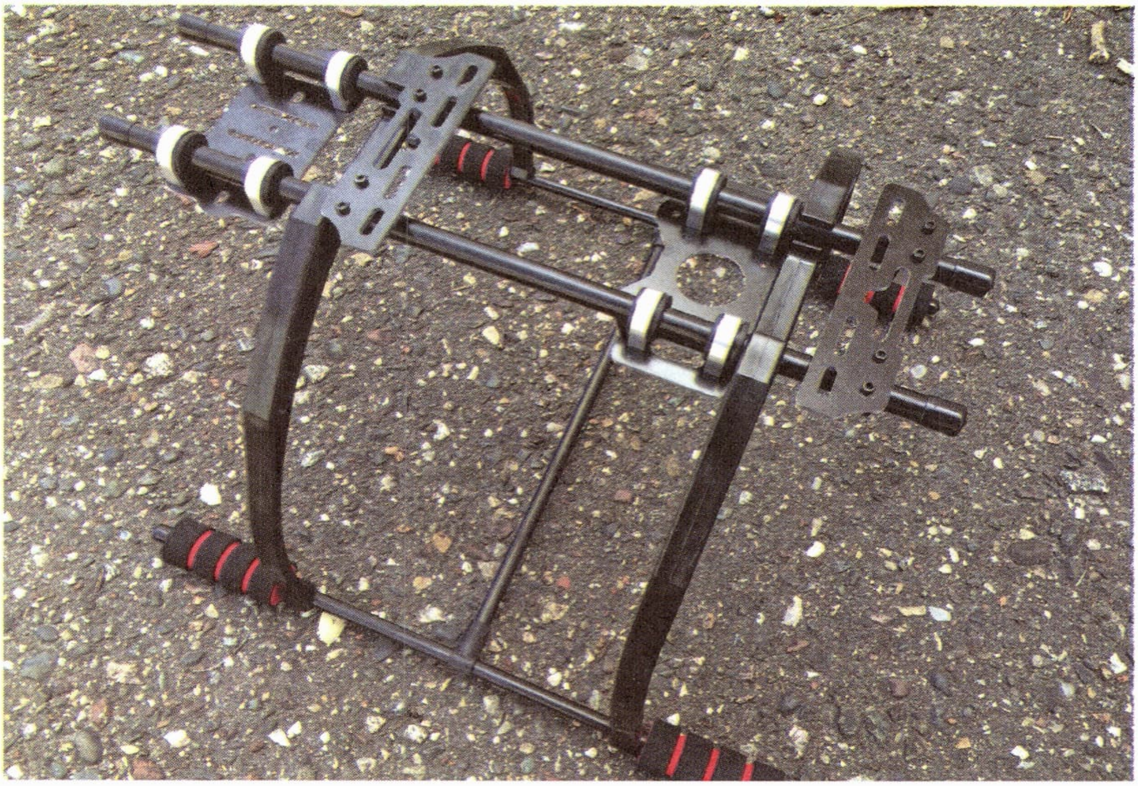
يبـــيِّن الشكل 12-3 نظرةً مقرَّبةً لكوادكوبترٍ من صنع ستيف لودفينك (Steve Lodefink)، تتباهى بكاميراتهـــا للتصوير الفيديوي عن بُعد في المقدمةً. يمكنك أيضاً الحصول على نظرة جيدة على القبّة الوقائية التي تغطي الإلكترونيات.



الشكل 12-2 Contour ROAM هي خيار شائع للتصوير الفوتوغرافي على متن طائرة بدون طيّار.



الشكل 12-3 تخرج عدسة التصوير الفيديوي عن بُعد في هذه الكوادكوبتر عبر القبّة الوقائية البلاستيكية.

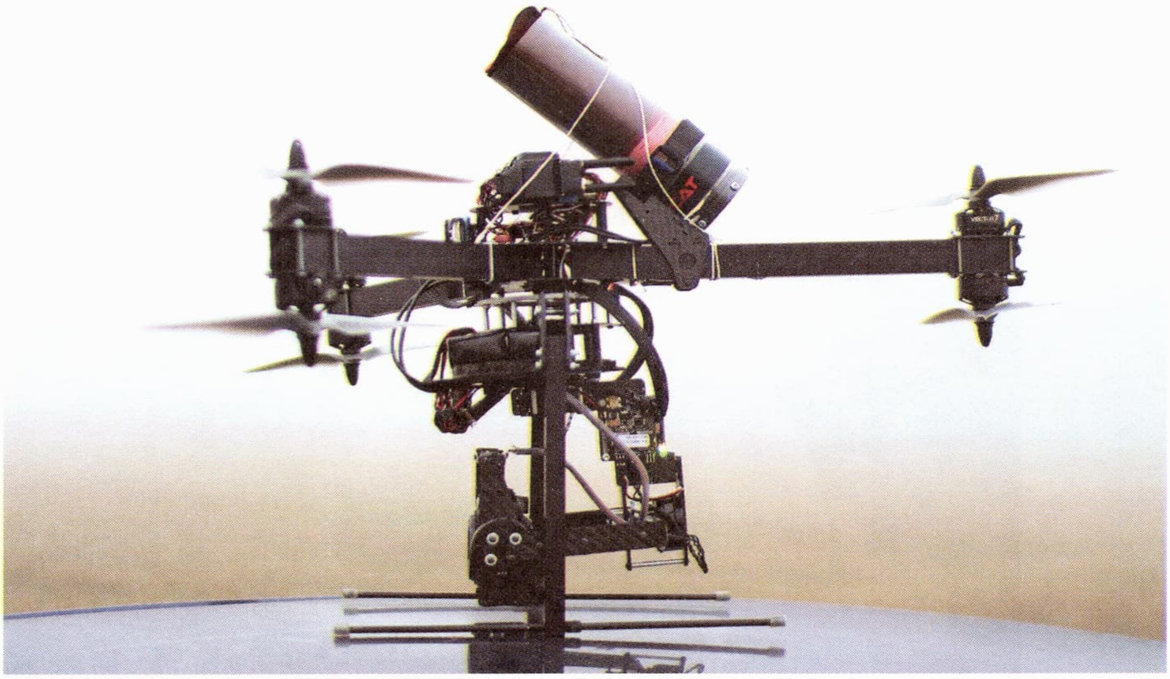


الشكل 12-4 يستخدم العديد من طيّاري الكوادكوبترات معدات هبوط مختلفة.

معدات الهبوط

قــوائم معدات الهبوط لا تُبقي الطائرة عالية عن الأرض فحسب، بل تُفسح المجال أيضاً لتركيب كاميرا في الأســفل، مما يحميها من الصدمات. يمكنك شراء طقمٍ مثل الحزمة النشيطة (والكبيرة!) المبيَّنة في الشكل 12-4، والتي تتضمن وسادات تركيب لكي تتمكن من وضعٍ كاميرا تحت المروحية ستحميها قوائم معدات الهبوط. يتوفر العديد من الأطقم في الأسواق، وتكون متخصصة عادة لطراز معيّن من الكوادكوبترات. لكن يمكن تكييفها في أحيان كثيرة لنوعٍ آخر من الطائرات بدون طيّار. الطقم المبيَّن في الشكل هو استنساخٌ بلا إسـم مـصمّمٌ للكوادكوبتر DJI F450، لكن يمكن استخدامه في كوادكوبتر ذات حجم مماثل فيها نظام تركيب ذي صفيحة وسطية.

بالطبع، أقترح دائماً على صانعي الطائرات بدون طيّار أن يزوروا موقع ويب Thingiverse وغيره من مواقع التصميم للطابعات الثلاثية الأبعاد، حيث ستجد عشرات آلاف القوائم المختلفة القابلة للطباعة، ومن بينها الكثير المصمّم (كما هو الحال مع الأطقم التجارية) لطُرُز محدَّدة من الطائرات بدون طيّار. في الواقع، القطع التي صمَّمتُها لمشروع الكوادكوبتر في هذا الكتاب تتوفر في صفحتي في موقع ويب Thingiverse، على العنوان http://www.thingiverse.com/jwb.



الشكل 12-5 يفتح نظام الاسترجاع Skycat مظلّةً عندما تنقطع الطاقة عن الكوادكوبتر.

مظلّة

الخوف الذي يعتري كل طيّار كوادكوبتر هو أن يواجه منظر سقوط عصفوره من السماء وتحطّمه إلى قطع على الأرض. فالجاذبية يمكن أن تكون ظالمة إلى حد غير معقول! أحد الحلول هو إضافة مظلّة ستُفتَح تلقائياً إذا انقطعت الطاقة.

لا يمكن بالتأكيد اعتبار المظلاّت عنصراً سائداً في عالم الكوادكوبترات، لكن هناك بعض الأنظمة التجارية منها. يبلغ ثمن النظام Skycat Recovery Launchers (موقع الويب Skycat.pro) 600$، وهذا يبدو مبلغاً كبيراً، لكنه سيصبح مقبولاً عندما تكون لديك طائرة بدون طيّار مُكلفة عليها كاميرا حتى أغلى منها. نظام الاسترجاع Skycat مبيَّن في الشكل 12-5.

وقد يفرض القانون يوماً ما استخدام مظلاّت مبيَّتة في الطائرات بدون طيّار، كون الاستخدام المتزايد للكوادكوبترات يمكن أن يؤدي إلى تزايد عدد الأشخاص الذين ترتطم طائرات بدون طيّار برؤوسهم.

صفيحة أو قبّة وقائية

ترى أحياناً كوادكوبترات عليها صفيحة أو قبّة وقائية تحمي الإلكترونيات. فالمروحيات تتحطّم، ولن تريد رؤية متحكمك الصُغري الجميل محطّماً إلى قطع. فتحطّم مروحتك يختلف كلياً عن رؤية حزمة القيادة التي اشتريتها بـ 200$ تتناثر إلى قطع صغيرة.

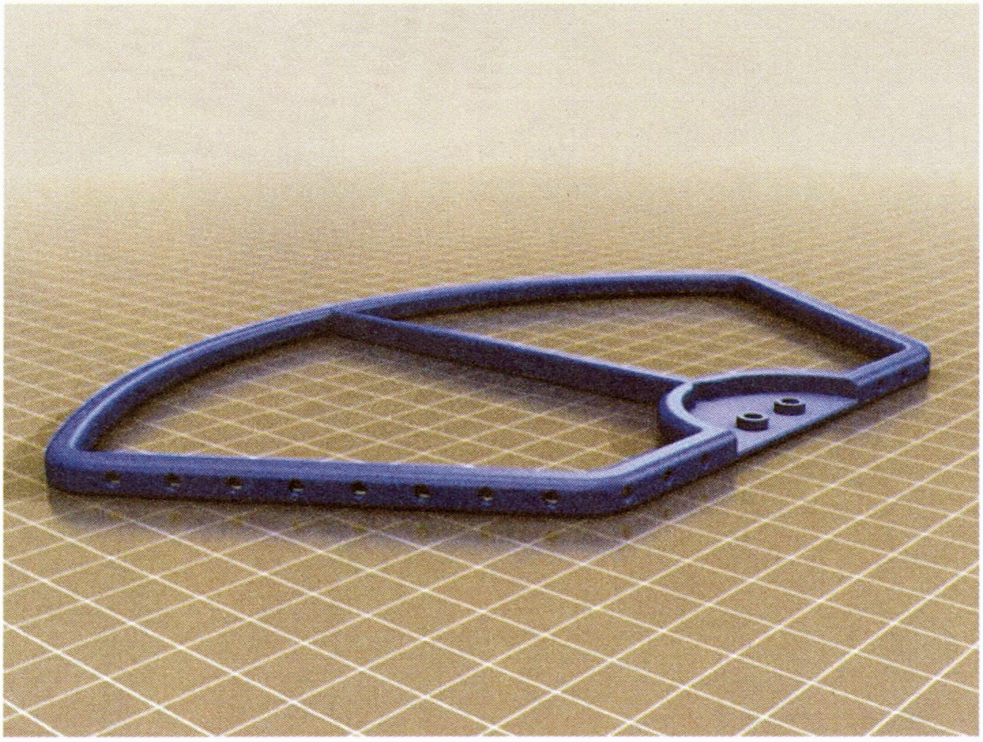


الشكل 12-6 تستطيع القبّة الوقائية أن تحمي حزمة إلكترونياتك من الإصابة.

من الواضح أنه إذا ارتطمت طائرتك بدون طيّار بصخرة أو لوح إسمنتيّ، لا توجد أي صفيحة في العالم قادرة على حمايتها. لكن حوادث التحطّم العادية العديدة اللطيفة نسبياً تضرّر كوادكوبترك أيضاً.

عـــند بناء طائرة بدون طيّار خاصة بك، قد ترغب بإنشاء صفيحتك الخاصة بكل بساطة، لكن هناك خـــيارات تجارية أيضاً، يأتي العديد منها مع هيكل الطائرة الذي تشتريه، لكن يمكنك أيضاً إيجاد منتجات مستقلة يمكن تكييفها لتلائم أي كوادكوبتر.

هـــناك زاويـــة مـــثيرة للاهتمام تقضي بتغيير وجهة استخدام قبّة كاميرا قديمة. إنني أتكلم عن أنصاف الكـــرات تلك التي تحمي العدسات من الرطوبة وبصمات الأصابع الفضولية. نصف الكرة المبيَّن في الشكل 12-6 صغير جداً لاستخداماتنا، لكنه سيكون رائعاً لحماية كاميرا تصوير فيديوي عن بُعد، مثلاً.



الشكل 12-7 تصميمٌ لواقية مراوح قابلٌ للطباعة بالأبعاد الثلاثية.

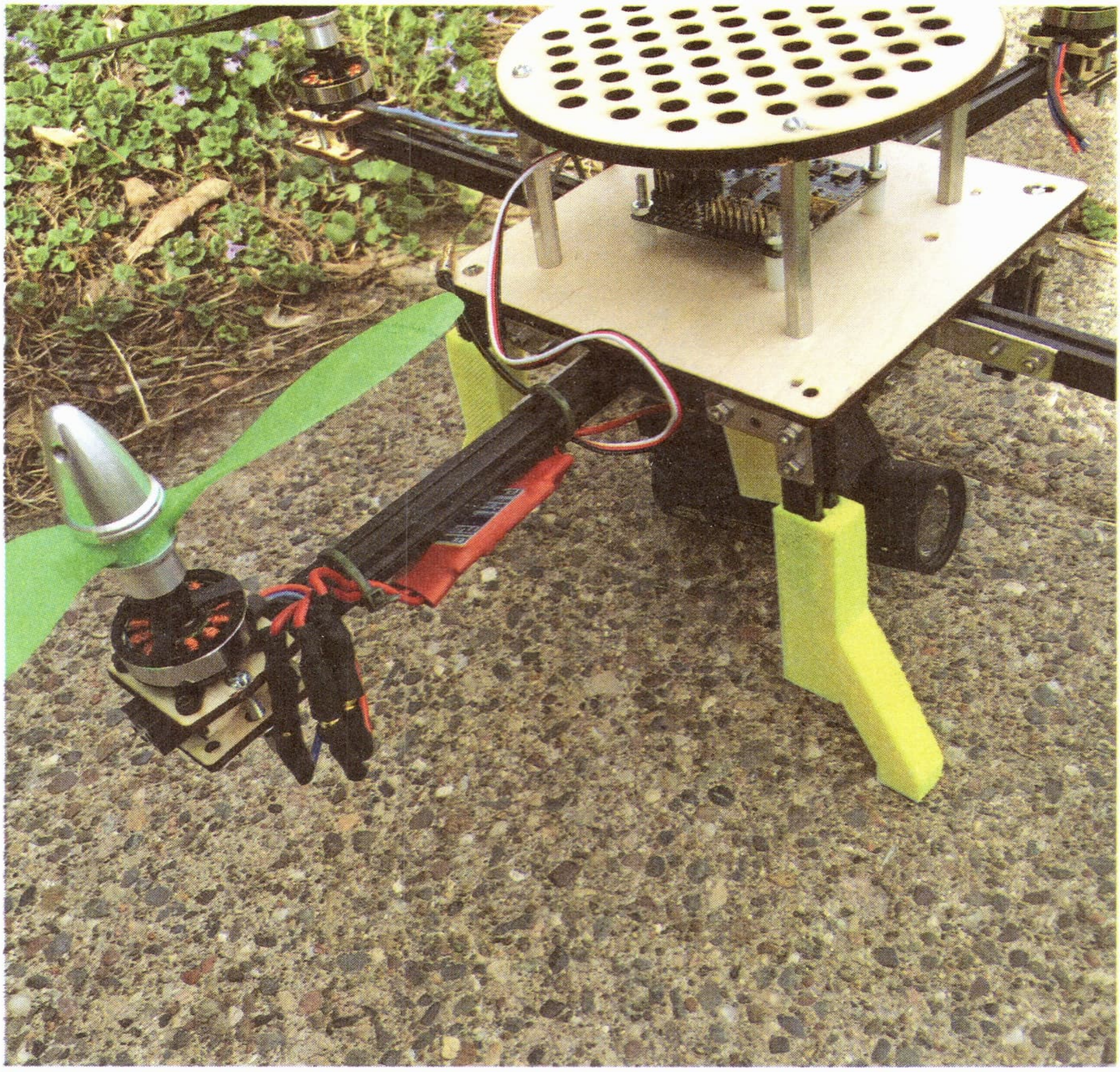
واقيات المراوح

واقـيات المـراوح تحمي المراوح من الأضرار العَرَضية، رغم أنها ستبقى على الأرجح أكثر مكوّن غير محـصّن في الطائـرة بدون طيّار مهما يكن من أمور. وهي تتألف في معظم الأوقات من حلقة بلاستيكية بـسيطة موضـوعة عـند حافة المروحة، لكن لبعضها بنية معقّدة أكثر، فتبدو أشبه بأقفاص صغيرة حول المـراوح. كمـا أن بعضها الآخر يتضمن عناصر هيكل لحماية المراوح، مما يؤدي فعلياً إلى تضمين المراوح داخل الهيكل.

لأن المراوح عرضة للكسر، تتوفر واقيات المراوح في تكاوين وأنماط لا تُعدّ ولا تُحصى. ويمكن إيجادها في متاجـر الهـواة وفي مواقع الويب، وحتى يمكن تنزيل المزيد من موقع Thingiverse، الذي يمكّنك من طباعـتها. الواقـية المبيَّنة في الشكل 12-7 (http://www.thingiverse.com/thing:652455) مصمّمة للكوادكوبتر DJI Phantom 2 Vision.

مشروع: إضافة أكسسوارات إلى الكوادكوبتر

في الخطوة الأخيرة لبناء بدن الكوادكوبتر، ستضيف صفيحةً وقائيةً، ومعدات هبوط، وحامل كاميرا إلى الكوادكوبتر. اللمسات الأخيرة هي التي ستجعل طائرتك بدون طيّار تعمل بشكل أفضل. يبيِّن الشكل 12-8 الطائرة بدون طيّار بعد تركيب هذه القطع.



الشكل 12-8 مشروع الكوادكوبتر متضمناً أكسسواراته الجديدة الجميلة.

تركيب حامل الكاميرا

يُستخدَم ملفان من موقع الويب Thingiverse لتركيب حامل الكاميرا: الحامل ContourHD تصميم renelm مـع مهايـئٍ GoPro (التصميم Thing رقم #423077) والحامل GoPro Arca Mount V2 تـصميم ark19 (التصميم Thing رقم #234654). جمال الموقع Thingiverse والمواقع التعاونية الأخرى هـو أنـه بإمكان هذين الصانعين المساهمة في إنجاح مشروعك دون حتى أن يُدركا ذلك! ما عليك سوى طباعة تصاميمهما المتوافقة بالكامل ثم توصيلها. يمكنك رؤية القطعتين في الشكل 12-9.

إذا لم يكـن لـديك وصولٌ إلى طابعة ثلاثية الأبعاد، هناك العديد من خيارات الحاملات التجارية التي يمكـنك شـراءها. إنني أنصح دائماً بالذهاب إلى الموقع HitCase (hitcase.com) المتخصِّص في أغطية الهاتف ومنصات التركيب المضادة للماء والمقاومة للصدمات.

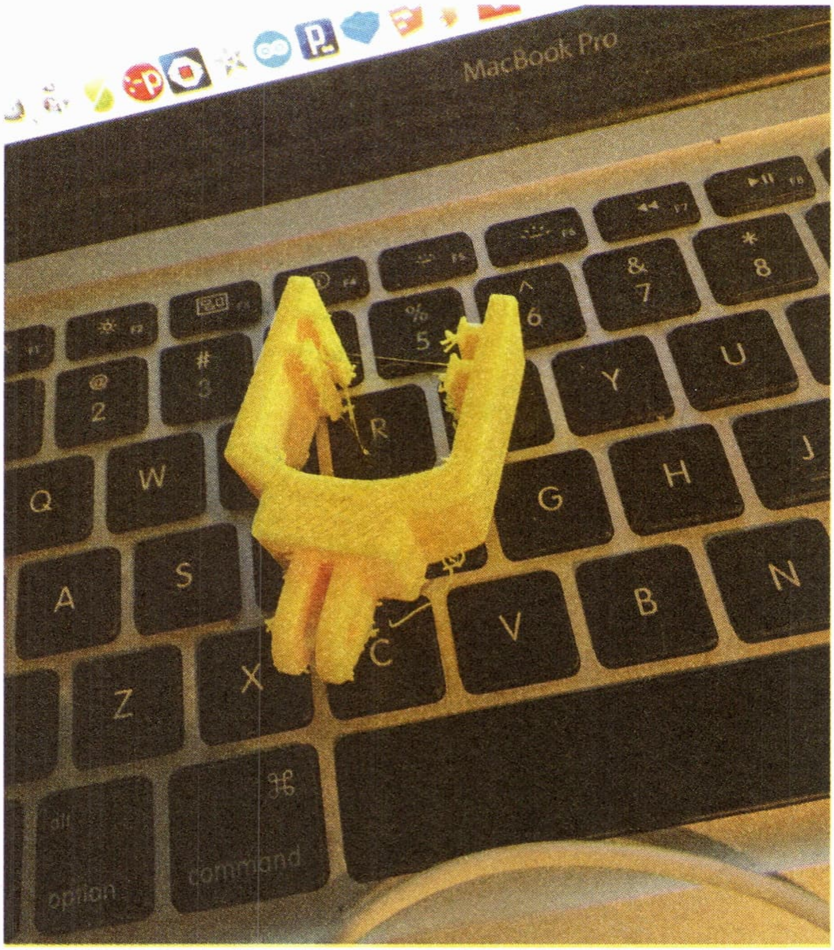


الشكل 12-9 الكاميرا ومنصتها المطبوعة حديثاً.

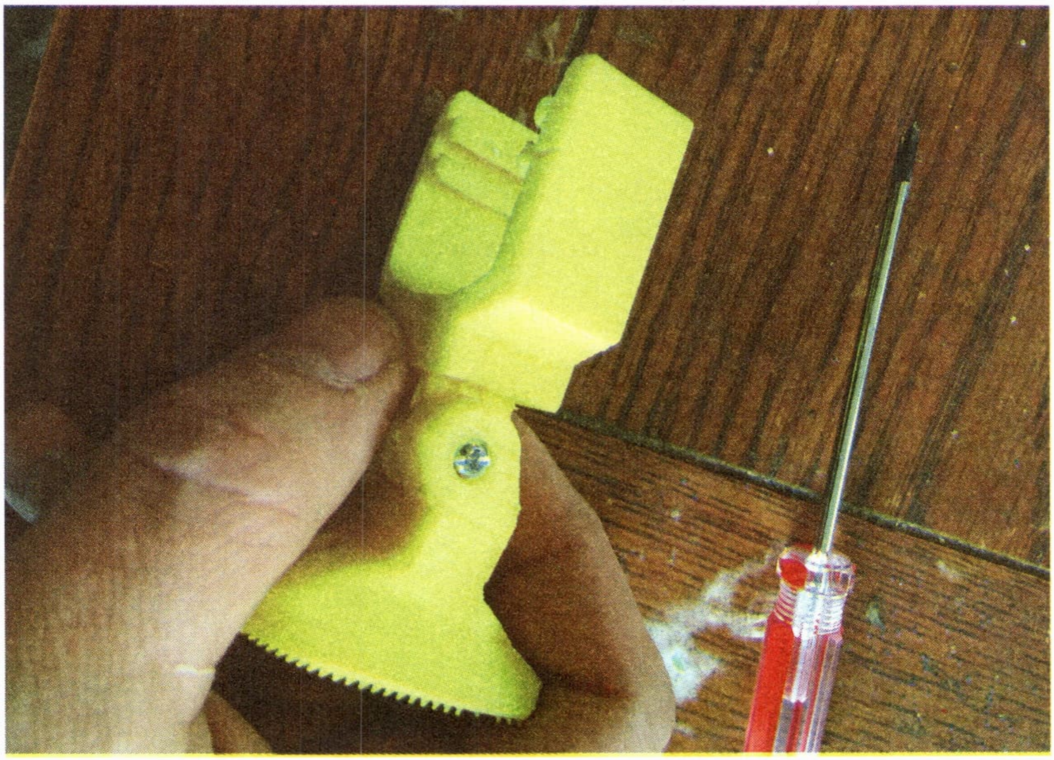
1. اطبع قطعتَي Thingiverse المذكورتين آنفاً، الحامل ContourHD والمهايئ GoPro (http://www.thingiverse.com/thing:423077) والحامل GoPro Arca Mount (http://www.thingiverse.com/thing:234654). يمكنك رؤية إحدى المطبوعتين في الشكل 12-10.

2. وصِّل القطعتين ببعضهما وثبّتهما ببرغي #4 × 2.5 سم. يبيِّن الشكل 12-11 كيف يجب أن يبدو هذا.

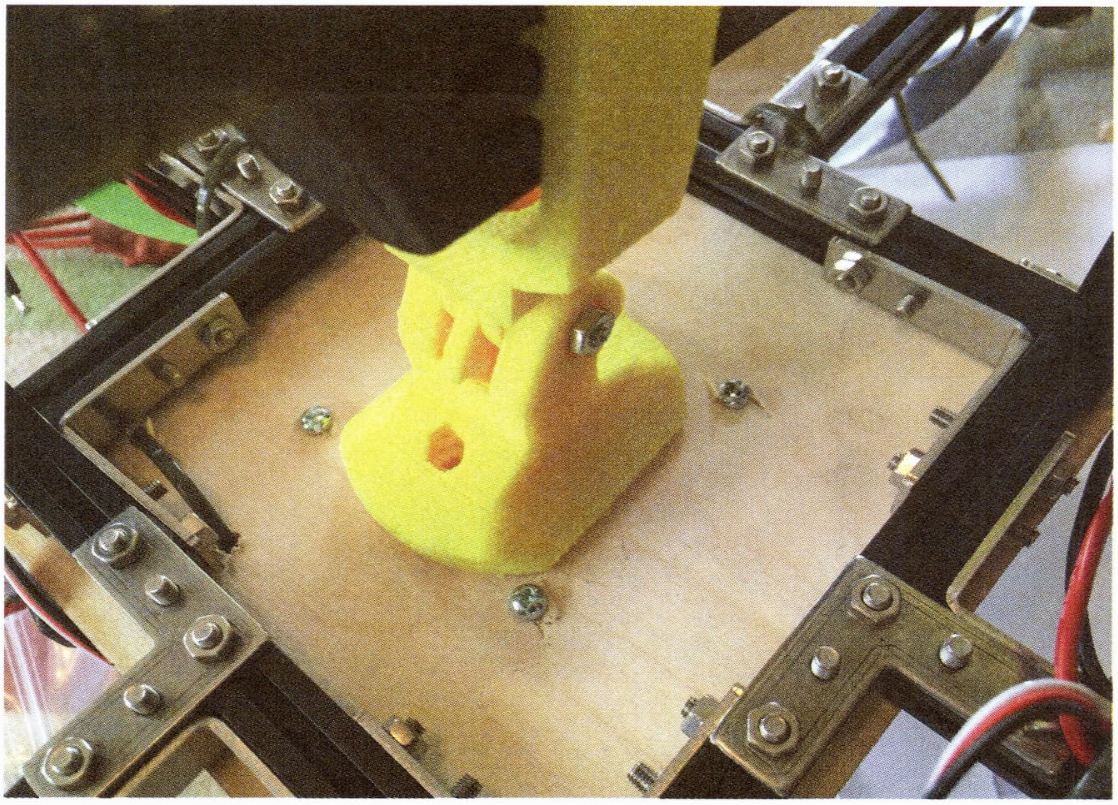
3. اقلب الكوادكوبتر رأساً على عقب ووصِّل حامل الكاميرا بالجانب السفلي للمنصة الخشبية، مع حَفر ثقوبٍ مثلما تدعو الحاجة (راجع الشكل 12-12). استخدم براغي #4 × 2 سم.



الشكل 12-10 حامل الكاميرا، لا يزال ساخناً جرّاء إخراجه من الطابعة منذ لحظات.



الشكل 12-11 توصيل القطعتين ببعضهما.



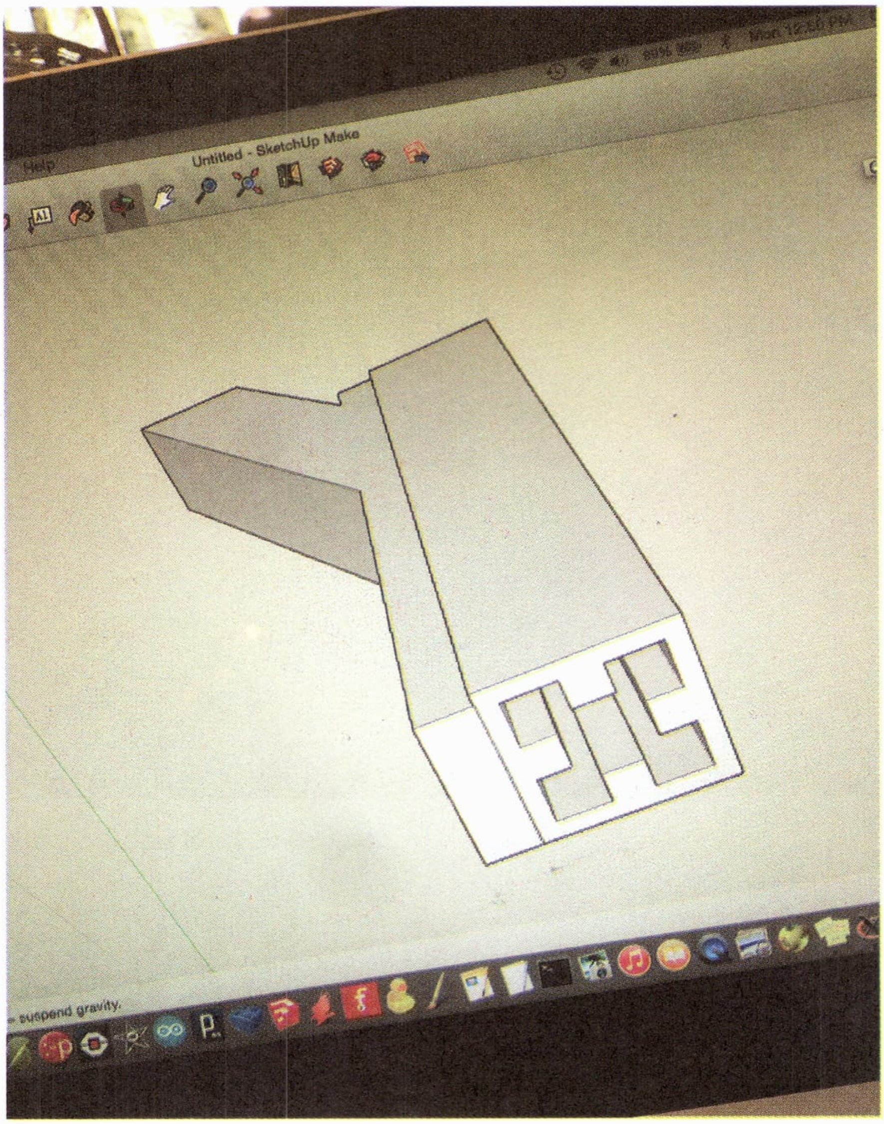
الشكل 12-12 وصِّل الحامل بالجانب السفلي للمنصة.

تركيب معدات الهبوط

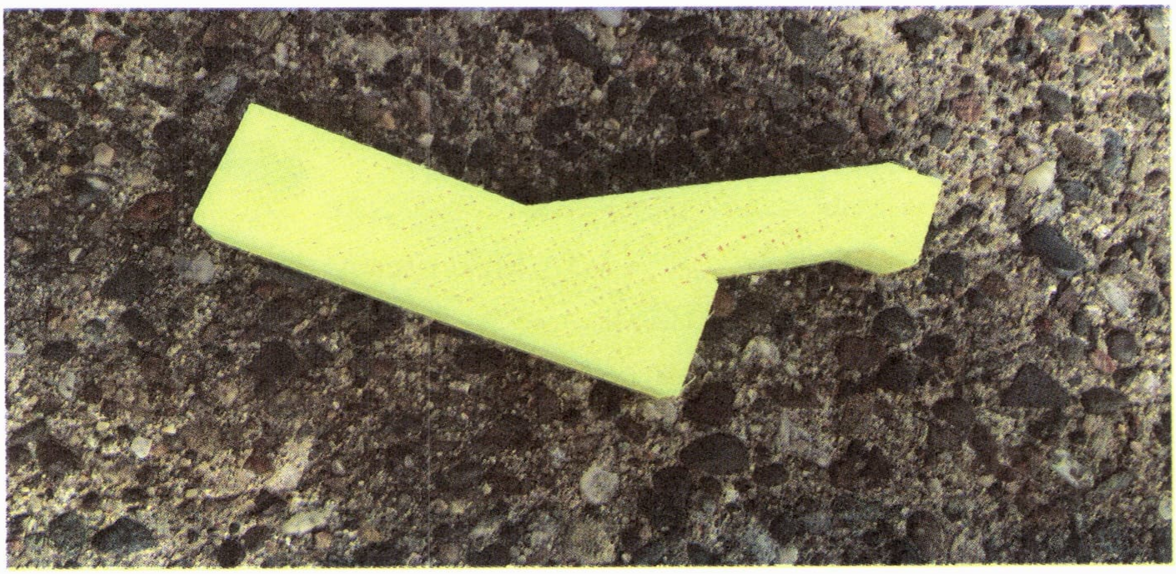
تحتاج بعد ذلك إلى الإضافة إلى قوائم الكوادكوبتر الموجودة لإعطائها معدات هبوط ملائمة. لقد صمَّمتُ معدات الهبوط في SketchUp؛ صحيح أنها غير جميلة لكنها تؤدي الوظيفة المطلوبة منها. للقوائم جزء داخلي مجوَّف يطابق المقطع العَرَضي للعارضات MakerBeam. يمكنك رؤية التصميم في الشكل 12-13.

1. اطبع معدات الهبوط. يتوفر الملف على العنوان http://www.thingiverse.com/jwb. يبيِّن الشكل 12-14 إحدى القوائم المطبوعة.

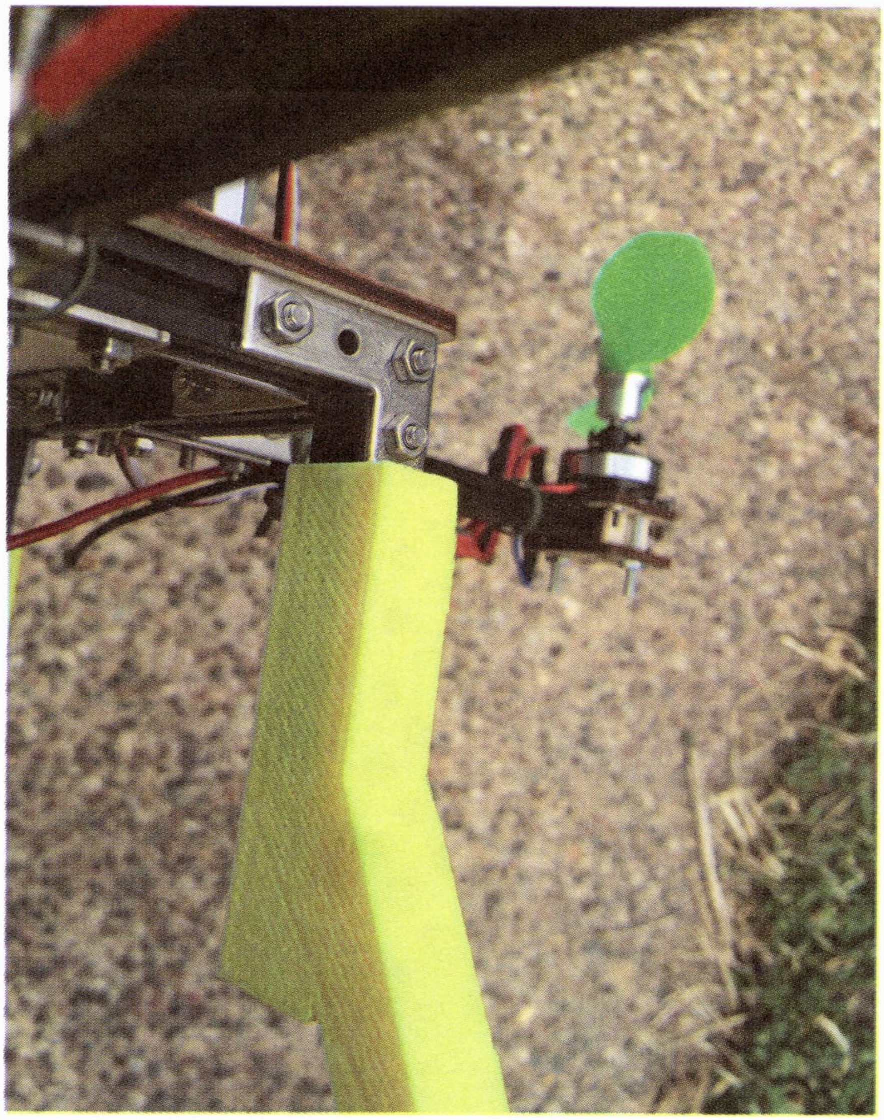
2. بعد تنظيف القوائم (قد يتطلب الداخل مبرداً نحيلاً!)، ستصبح قادراً على إدخال القطعة المطبوعة بالأبعاد الثلاثية في القوائم MakerBeam، كما هو مبيَّن في الشكل 12-15. بالنسبة لي، كانت الفروق المسموح بها ضيقة لدرجة أنني بالكاد أستطعتُ تركيبها، لكن إذا وجدتَ قطعك رخوة قليلاً، استخدم مسدس غراء ساخن لمنعها من السقوط. وإذا سار كل شيء على ما يرام، يجب أن يكون لديك مقدار متواضع من الفراغ للكاميرا.



الشكل 12-13 تصميم معدات الهبوط في SketchUp.



الشكل 12-14 تتألف معدات الهبوط من أربع من هذه القوائم.



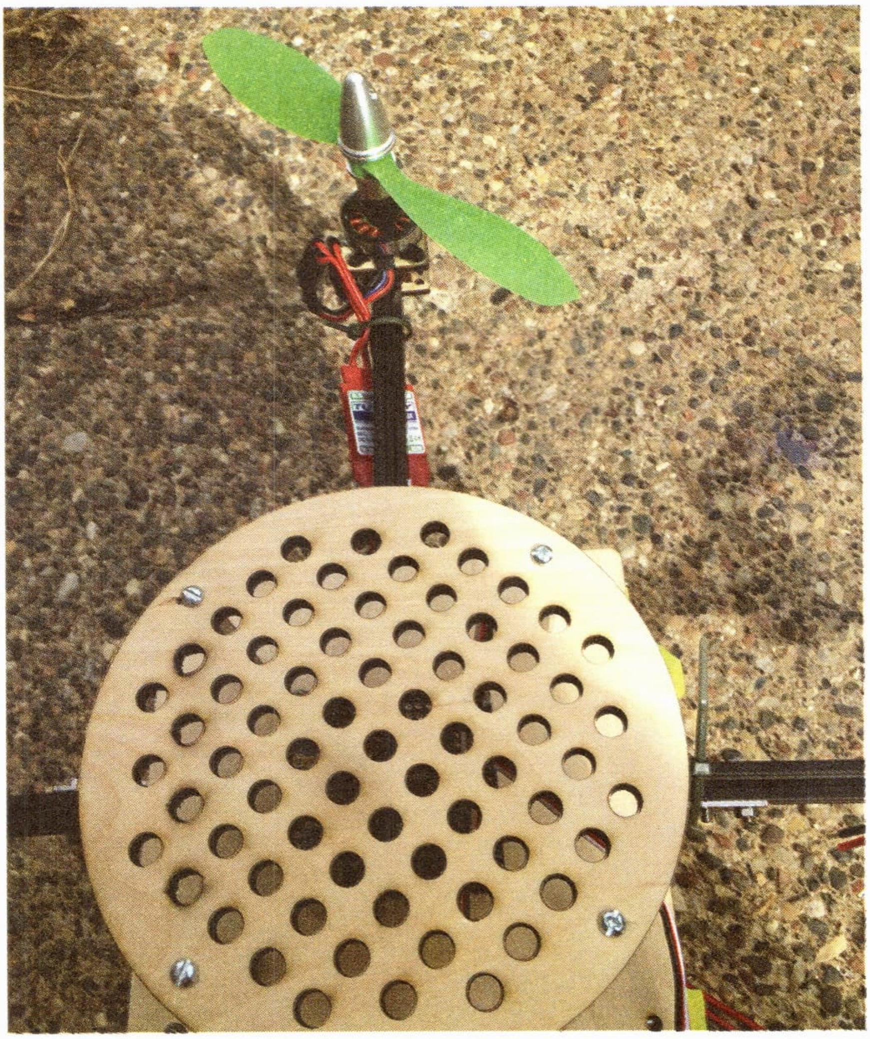
الشكل 12-15 تنزلق القوائم المطبوعة بالأبعاد الثلاثية.

تركيب الصفيحة العليا

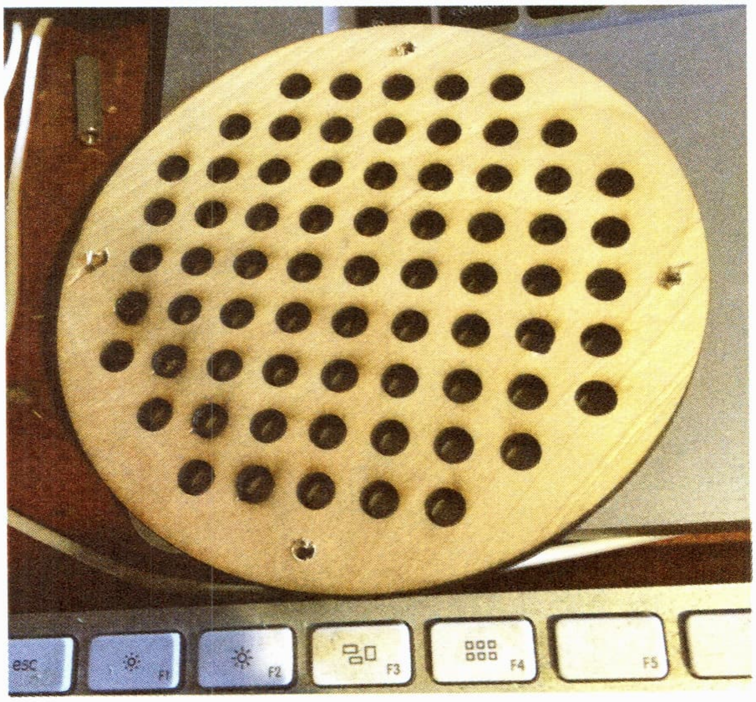
تـــألف الصفيحة العليا من صفيحة خشبية مقصوصة بالليزر مع أربع مباعدات ألومنيوم تُعطيها بعض الفراغ للإلكترونيات. يبيِّن الشكل 12–16 معاينةً عليا للكوادكوبتر تبيِّن الصفيحَة.

1. قصّ التصميم بالليزر، والذي يمكن تنزيله من صفحتي في Thingiverse. لقد استخدَمتُ لوحاً رقائقياً من خشب البتولا سماكته 0.5 سم، وهو نوعي المفضَّل للقصّ بالليزر. يبيِّن الشكل 12–17 الصفيحة.

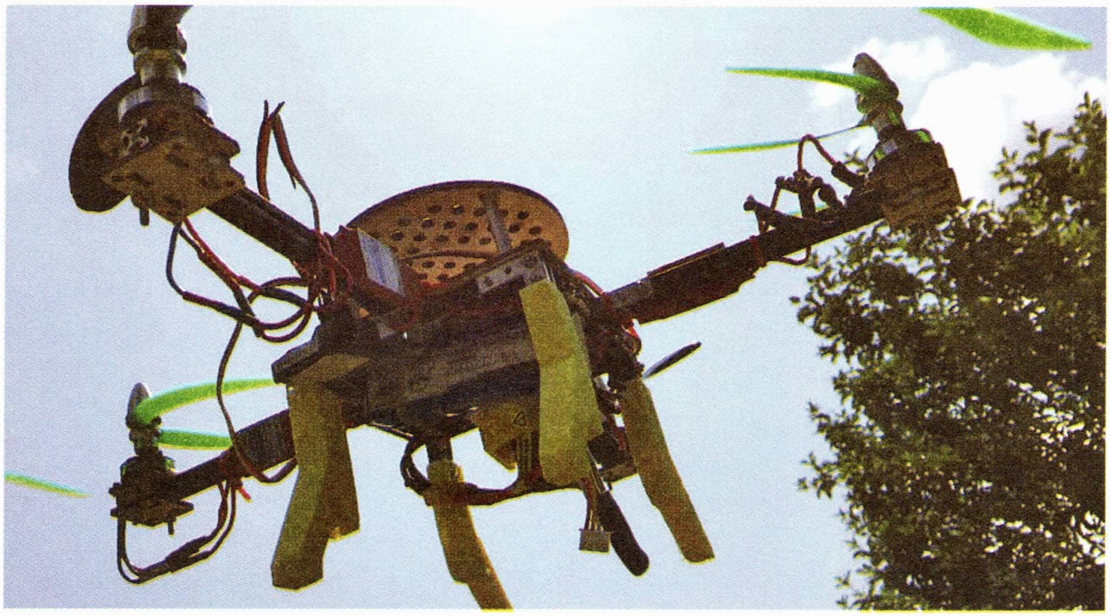
2. ركّب الصفيحة باستخدام أربعة مباعدات ألومنيوم M-M من الفئة 4# حجمها 5 سم أو ما شابه. يمكنك إيجاد المباعدات في أي متجر أدوات تركيب محترَم، والعديد من متاجر الأجهزة أيضاً. يبيِّن الشكل 12–18 الكَوادكوبتر المنتهية بعد تركيب كل الأكسسوارات.



الشكل 12-16 الصفيحة العليا للكوادكوبتر هي آخر مكوّن سنضيفه.



الشكل 12-17 ستحمي الصفيحة المقصوصة بالليزر الجزء العلوي للكوادكوبتر.



الشكل 12-18 لقد أنهيت بناء أجهزة الكوادكوبتر.

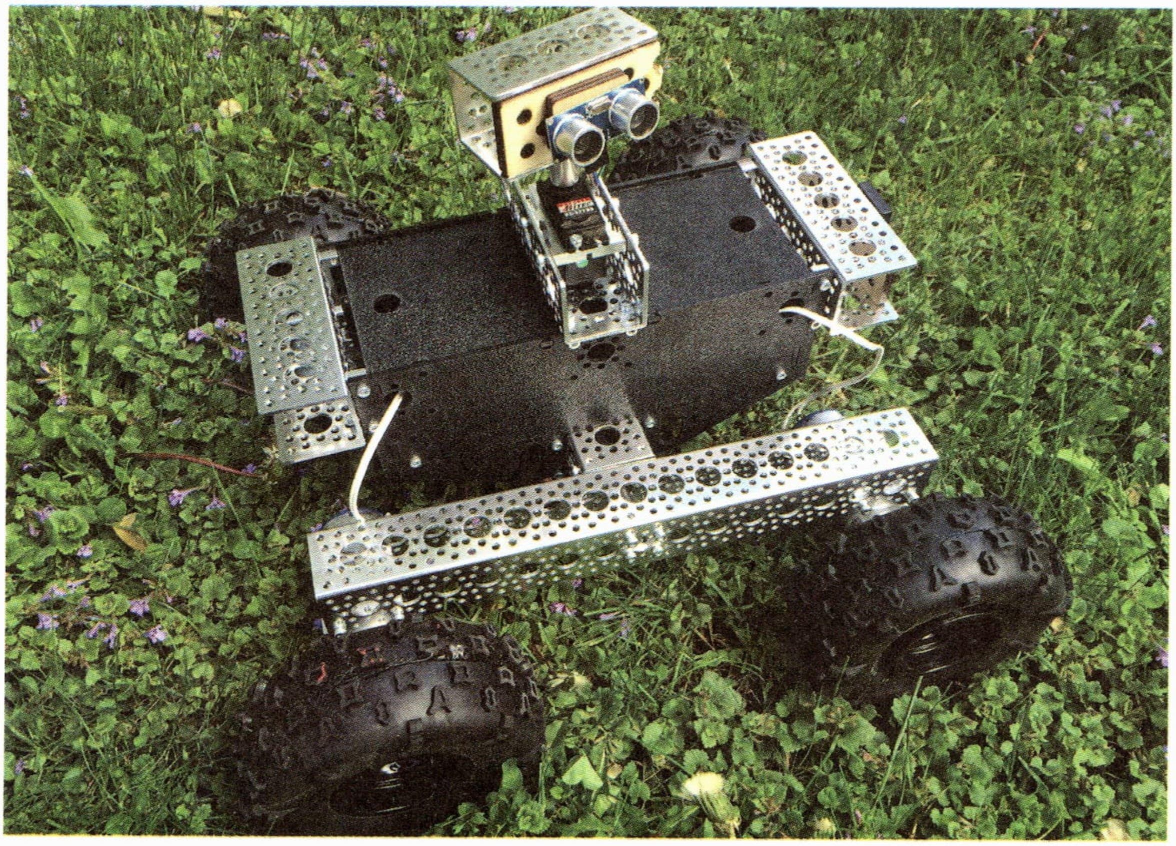
الخلاصة

لقد أكمَلنا في هذا الفصل جزء الأجهزة في مشروع الكوادكوبتر بإضافة حامل كاميرا مطبوع بالأبعاد الثلاثـــية، وتعلَّمت في سياق ذلك عن عدد من أكسسوارات الكوادكوبتر. كل ما تبقّى لدينا هو البرمجة! لكن دعنا أولاً نصنع طائرةً بدون طيّار أخرى. ستتعلَّم في الفصل 13 كيفية تعديل سيارة بدون طيّار متوفرة تجارياً لكي تحمل مستشعِر تعرّف بتردّدات الراديو (RFID).

13

صناعة عربة جوّالة

النوع الأخير من الطائرات بدون طيّار الذي ستستكشفه في هذا الكتاب هو العربة الجوّالة (rover)، وهي سيارة تسير آلياً في فنائك الخارجي (أو في أي مكان آخر) بهدف الاستكشاف وإخافة الحيوانات الأليفة. يتألف النوماد المتنقّل بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو، المبيَّن في الشكل 13-1، من هيكل ألومنيوم قوي مجهَّز بمحرّكات، وعجلات كبيرة ذات نتوءات، وصندوق بلاستيكي. وقد أُضيفت حزمة مستشعِرات إلى هذه المنصة تتألف من مستشعِر يعمل بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو (RFID، اختصار radio frequency identification) ومستشعِر فوق صوتي.



الشكل 13-1 يسير النوماد المتنقّل بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو حسبما توجّهه رُقع هذه التقنية.

لكن قبل أن نبدأ بالمشروع، عليك العودة إلى زمن المدرسة. تحتاج أولاً إلى أن تتعلّم عما يجعل العربات الجـــوّالة تشكّل تحدياً وفرصةً في آن واحد. ثم ستحقق في عدد من خيارات الهيكل المختلفة لإنشاء روبوت بدايـــة. أخـــيراً، ستتعلَّم عن كيفية استخدام رُقع التعرّف بتردّدات الراديو للتنقّل في العربات الجوّالة. هذا روبوتٌ مسلٍ!

حسنات وسيئات العربات الجوّالة

تماماً مثل الفئات الأخرى للطائرات بدون طيّار، للعربات الجوّالة بعض الحسنات والسيئات التي ستريد أخذها بعين الاعتبار عند تخطيط مشروعك.

حسنات العربات الجوّالة

إليك بعض حسنات العربات الجوّالة:

- لا يمكنك أن تفقدها! لكل شخص شاهَد طائرته بدون طيّار المنقولة بالماء وهي تغرق في قعر البحيرة أو حدَّق بحزن وأسى على كوادكوبتره تحلّق بعيداً عنه في الأفق، تُعتبر عدم قدرة العربات الجوّالة على الابتعاد عن الأرض فرحةً خالصةً.
- لأن العربات الجوّالة تتكل على الاحتكاك والجاذبية لكي تبقى حيث هي، فلن تحتاج إلى كثير من الطاقة لكي تعمل. وبناءً على سعة بطاريتها، بإمكان العربة الجوّالة نظرياً أن تبقى مستقلة بذاتها لعدة أيام. وإذا كانت تحتوي على مصفوفة شمسية تزوِّدها بالطاقة، يمكنها أن تدوم لفترة أطول حتى. ما هو النوع الآخر من الطائرات بدون طيّار الذي يستطيع فعل هذا؟
- النقطتان السابقتان تعزِّزان هذه النقطة الأخيرة: العربات الجوّالة هي الأفضل في أن تكون مستقلة بذاتها لأنه يمكن تركها وشأنها لفترات زمنية أطول. تخيَّل روبوت لقياس أحوال الطقس يتسلّل بين الأجمات ويسجِّل قراءات المستشعرات الموضوعة فيه. يمكنك نظرياً تركه هناك لعدة أيام، في حين أن الكوادكوبتر تستطيع أن تبقى في الهواء لدقائق فقط.

سيئات العربات الجوّالة

أثناء الاستمتاع بالميزات الجميلة للعربات الجوّالة، لن تريد نسيان أنها ليست مثالية. إليك بعض سيئاتها:

- إنها مُضجرة قليلاً. فكِّر بالمسألة من هذه الزاوية: جزءٌ من جاذبية الكوادكوبتر أو الزورق هو القدرة على عبور بيئة غير مألوفة. بالتأكيد قد لا نكون قادرين على الطيران مثل العصفور، لكن يمكننا وضع مروحيةٍ في الهواء. لذا فالفرق كبير بين هذه المتعة وبين القدرة على مجرد التدحرج على الأرض.
- كما هو الحال مع الطائرات بدون طيّار المنقولة بالماء، هناك مشكلة إيجاد المكان الذي ستستخدم فيه العربة الجوّالة. فإذا لم يكن لديك فناءٌ خارجيٌ كبيرٌ، ستجد صعوبةً في العثور على بقعة يمكن

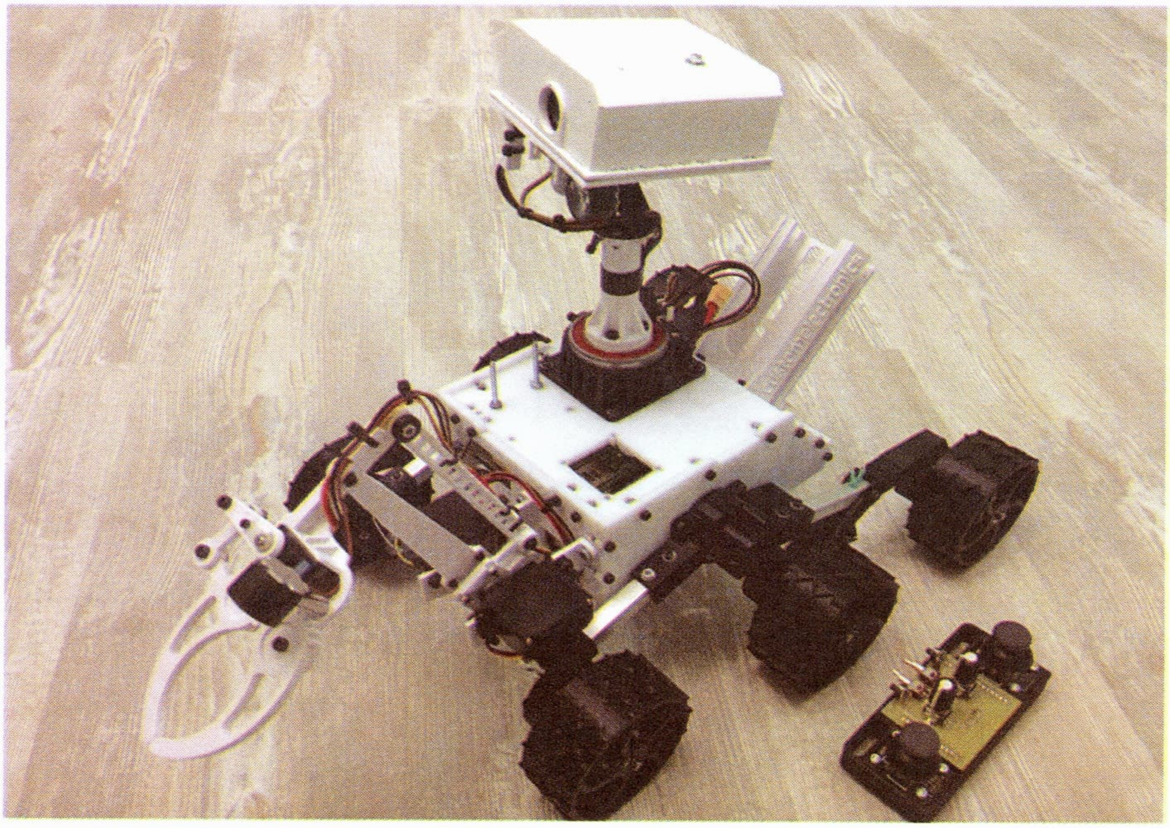
استخدام العربة الجوّالة فيها من دون إخافة الأشخاص غير المعتادين على رؤية مركبات غير مأهولة بين النباتات. صحيح أنه ممتعٌ قيادة عربة جوّالة بين الأجمات، لكن يمكنك أن تتخيَّل الصخب إذا ارتعب أحدهم من رؤيتها؟

خيارات الهيكل

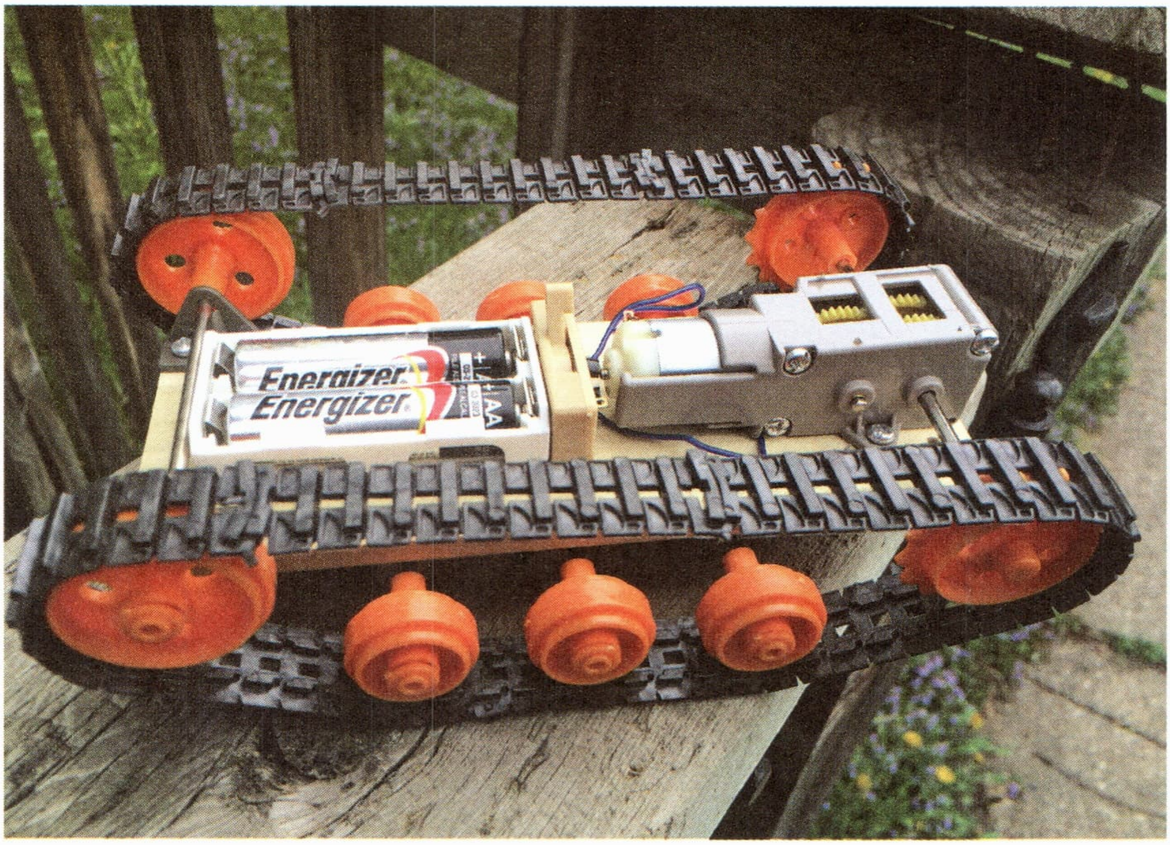
يمكنك تحويل أي شيء متين نسبياً إلى هيكل. والوزن ليس بالمشكلة الكبيرة مع العربات الجوّالة مثلما هو مع الكوادكوبترات، لذا يمكنك استخدام الفولاذ أو الخشب أو البلاستيك أو أي مادة تريدها. المعيار الرئيسي هو ما إذا كان يمكنك تركيب المكوّنات عليها أم لا. سأقدِّم عدداً من الخيارات في هذا الكتاب: بناء هيكلٍ انطلاقاً من طقم أدوات جاهزة، أو تصنيع واحد باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد أو أي أداة أخرى بمساعدة الكمبيوتر، أو شراء منصة روبوتيات مسبقة الصنعً. دعنا نستعرض بعض الاحتمالات:

الطباعة بالأبعاد الثلاثية

يقدِّم Thingiverse وبقية مواقع الطباعة الثلاثية الأبعاد أصنافاً لا تُعدّ ولا تُحصى من هياكل الروبوتات القابلة للطباعة بالأبعاد الثلاثية. يبيِّن الشكل 13-2 تقليداً ساخراً لعربة المريخ الجوّالة (مارس روفر) من تصميم مستخدم Thingiverse الذي يدعى SSG1712. يمكنك إيجاده على العنوان http://www.thingiverse.com/thing:835053.



الشكل 13-2 هل يعجبك هذا الهيكل؟ اطبعه بنفسك.

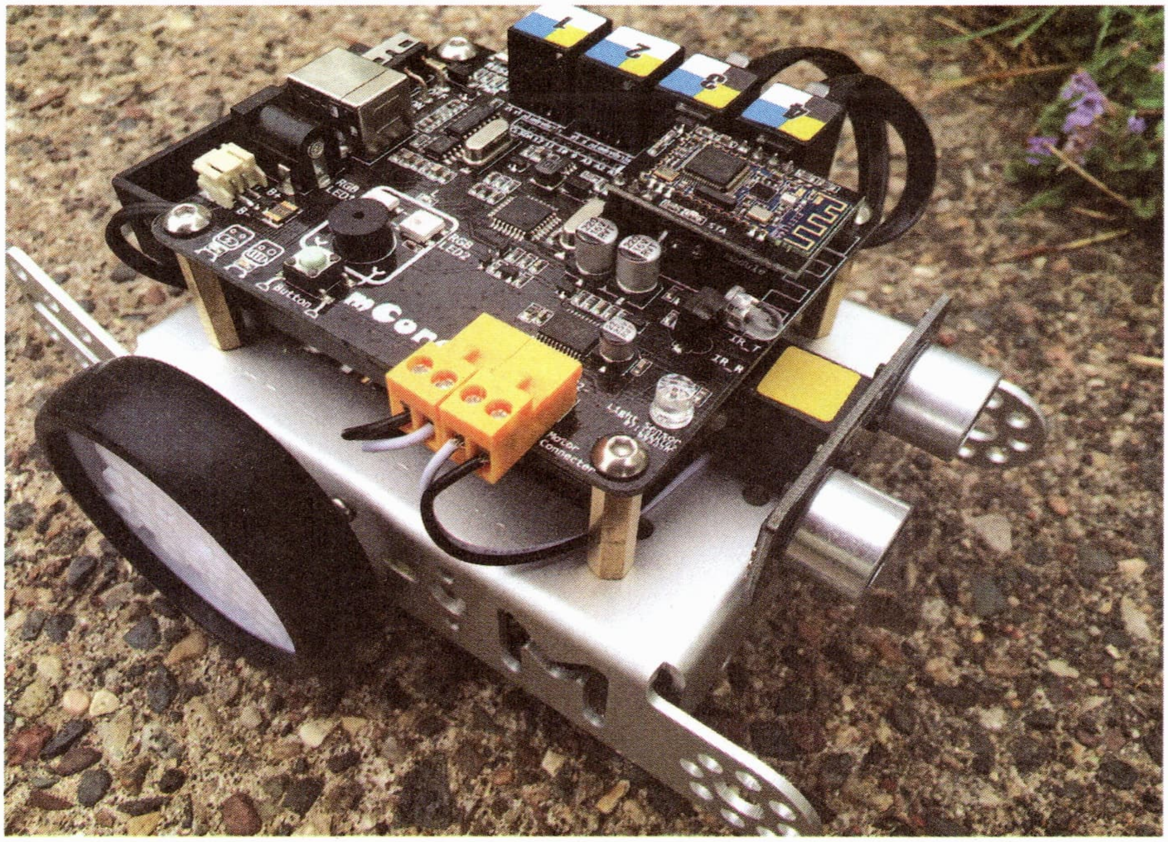


الشكل 13-3 تاميّا: قطع رخيصة وإبداعية وممتع تركيبها.

تُختصر معظم تلك الهياكل القابلة للطباعة إلى نوعٍ من الصفائح عليه عدة ثقوب تركيب، ويتوافق عادة مع الوصلات الميكانيكية التي يستخدمها الصانعون أنفسهم. يتم عادة تزويد رقم القطعة الصحيحة إلى جانب نمط تصميمها، مما يوفّر عليك نظرياً مقداراً لا بأس به من الجهد والوقت. قد يبدو هذا حلماً تحقّق، لكنك ستواجه سيئتين. أولاً، تستغرق الطباعة الثلاثية الأبعاد وقتاً طويلاً، حيث أنه من الممكن أن تستغرق طباعة الهيكل عدة ساعات. ثانياً، يعتبر العديد من الصانعين أن القطع المطبوعة بالأبعاد الثلاثية أقل متانة من مرادفاتها المصنَّعة أو المقصوصة بالليزر.

Tamiya (تاميّا)

تبني شركة تاميّا لصناعة المجسّمات علب تروس وأنظمة دفع معقّدة من الخشب والبلاستيك والمطاط. يتضمن المجسَّم المبيَّن في الشكل 13-3 محرّكَي تيار مستمر، مما يسمح لمتحكمٍ صُغري بقيادة المركبة عن طريق عكس اتجاه أحد الجنزيرَين. تبيع تاميّا العديد من منتجاتها على هيئة هيكلٍ فقط، بافتراض أنك ستضيف روبوتاً خاصاً بك إلى علبة تروسها. إذا لم يكن العمل مع الأنظمة الميكانيكية من هواياتك، فإن هذا الخيار ليس سيئاً.



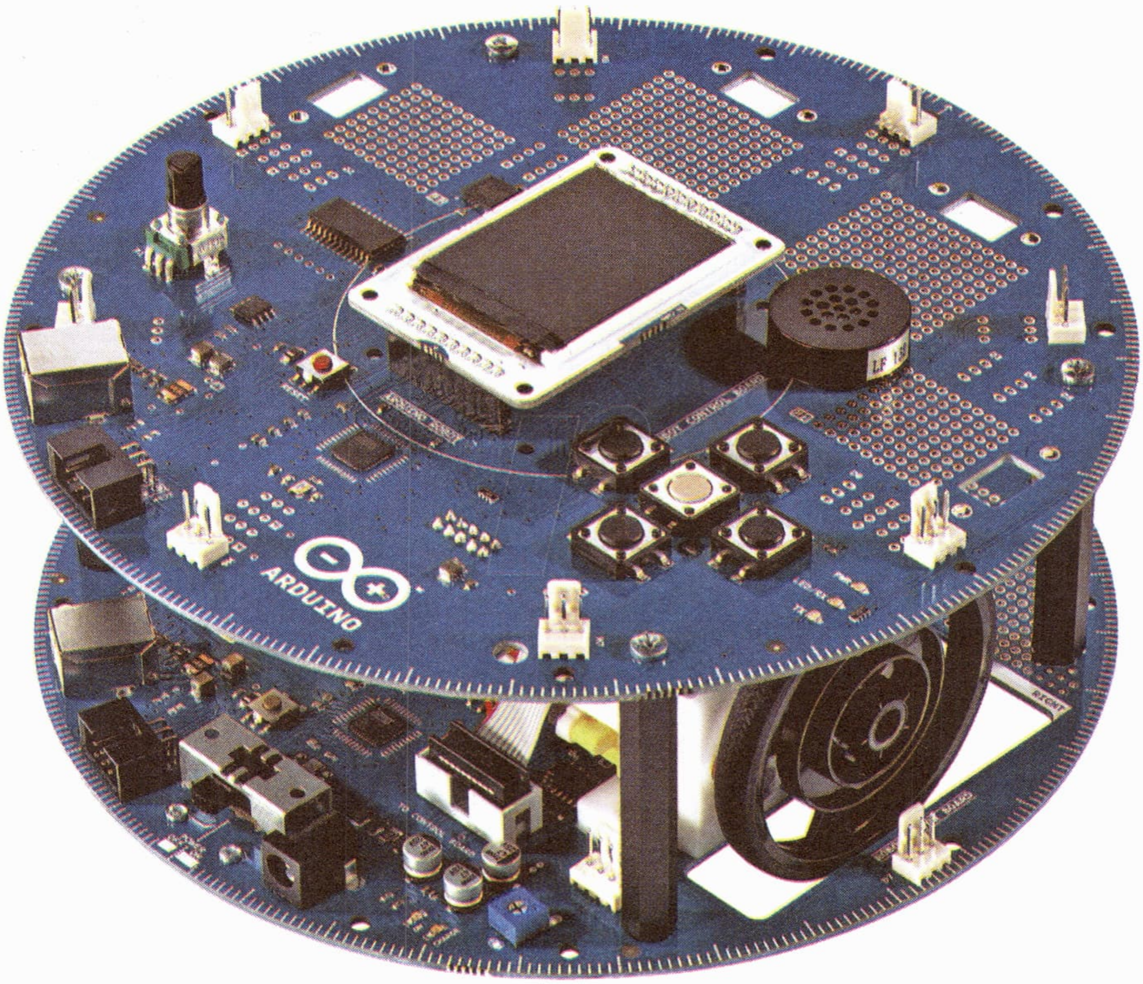
الشكل 13-4 يأتي الروبوت mBot مجهَّزاً بمجموعة من المستشعِرات.

الروبوت mBot

يـــشكّل mBot (http://mblock.cc/mbot والمبيَّن في الشكل 13-4) زاويةً أخرى في قسم الهياكل المسبقة الصنع، وهو مبدئياً روبوت جاهز يمكن برمجته مثل بطاقة الأردوينو أو باستخدام لغة البرمجة البصرية Scratch (ســـكراتش، /https://scratch.mit.edu). ستلاحظ أيضاً ثقوب تركيب عديدة غير معبأة في هـــيكل mBot، ممـــا يتيح لك أن تضيف إلى الروبوت. إنه أشبه بأخذ نظام دفع تاميًا وإضافة مستشعِرات وأزرار ولمبات LED (دايودات باعثة للضوء) إليه.

روبوت أردوينو

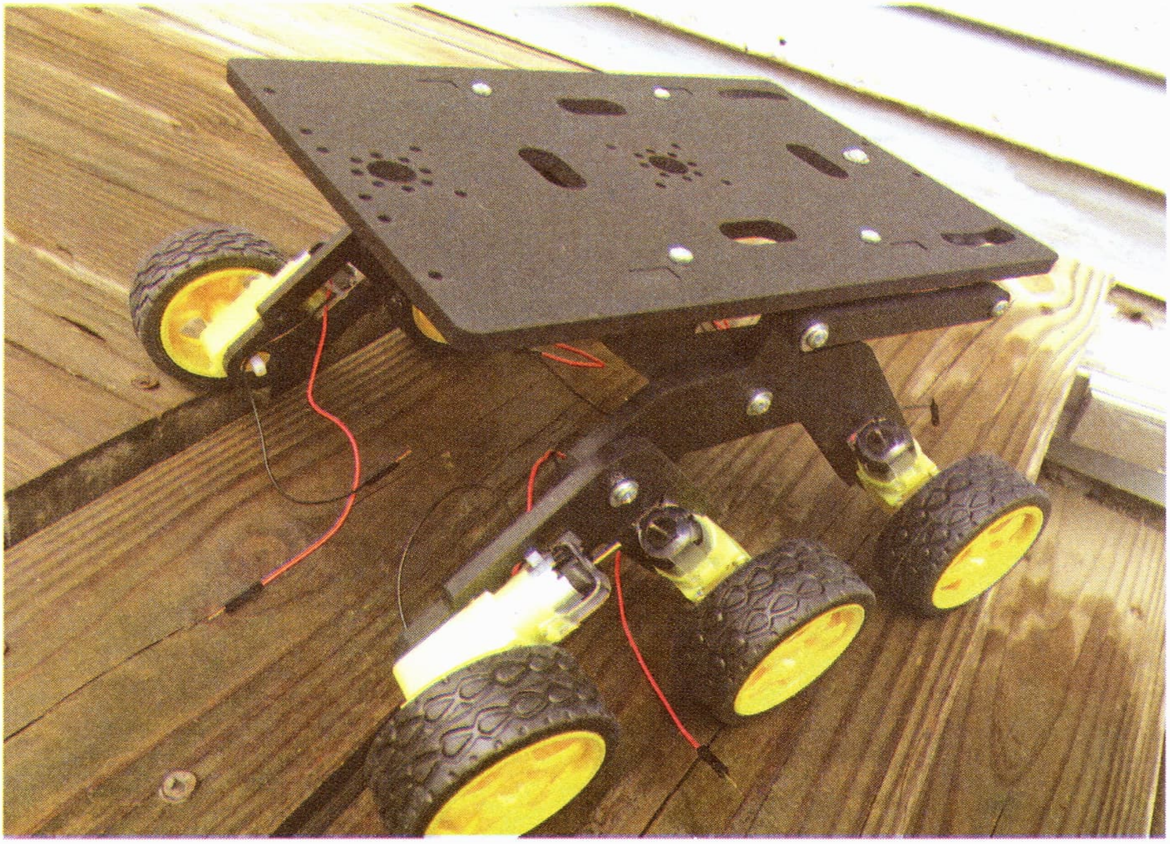
يقـــدِّم روبـــوت أردوينو (المبيَّن في الشكل 13-5) نفس الفكرة كالروبوت mBot - روبوتٌ تعليميٌ مـــسبق الـــصنع - ما عدا أنه مأخوذ إلى مستويات منافية للعقل، مع شاشة عرض بالبلّور السائل (LCD) مبيَّـــتة، وأزّاز (buzzer)، ومستشعِر أصوات، ومصفوفة أزرار، وناحية لصنع النماذج الأولية، إلى جانب ملـــيون ميـــزة أخرى. أما سيئة روبوت أردوينو فقد تكون هشاشته - فالروبوت بأكمله عبارة عن لوحة دارات مكشوفة. هذا بالإضافة إلى قاعدة العجلات المنخفضة يجعله عديم الجدوى لأي تضاريس أصعب من سجادة منخفضة الوبر. كما أنه مكلف أيضاً، فيبلغ ثمنه حوالي 300$ - لكنك تحصل على كل شيء!



الشكل 13-5 يحتوي روبوت أردوينو على كل شيء يمكن أن ترغب به، زائد مساحة لإضافة مكوّنات لم يخطر على بالك أبداً أنك ستحتاج إليها.

Actobotics Bogie

تتباهى العربة الجوّالة المصغَّرة المبيَّنة في الشكل 13-6 (ServoCity.com، رقم القطعة 637162) بست عجلات مزوَّدة بمحرّك فردياً ونظام التعليق rocker-bogie (مَجْمَع عجلات هزّازة)، مما يسمح لها أن تتخطى كل أنواع العقبات. السرير والقوائم مصنوعة من البلاستيك المتين، ويعطيها نظام التعليق القدرة على عبور التضاريس الوعرة. لا زلتَ بحاجة إلى إضافة مزوِّد طاقة، ومتحكم صُغري، ومستقبِل تحكم لاسلكي، وقطع أخرى لتحويله إلى روبوت ناضج.



الشكل 13-6 يقدِّم Bogie منصةً متينةً جداً لعربة جوّالة مخصصة لكل أنواع التضاريس.

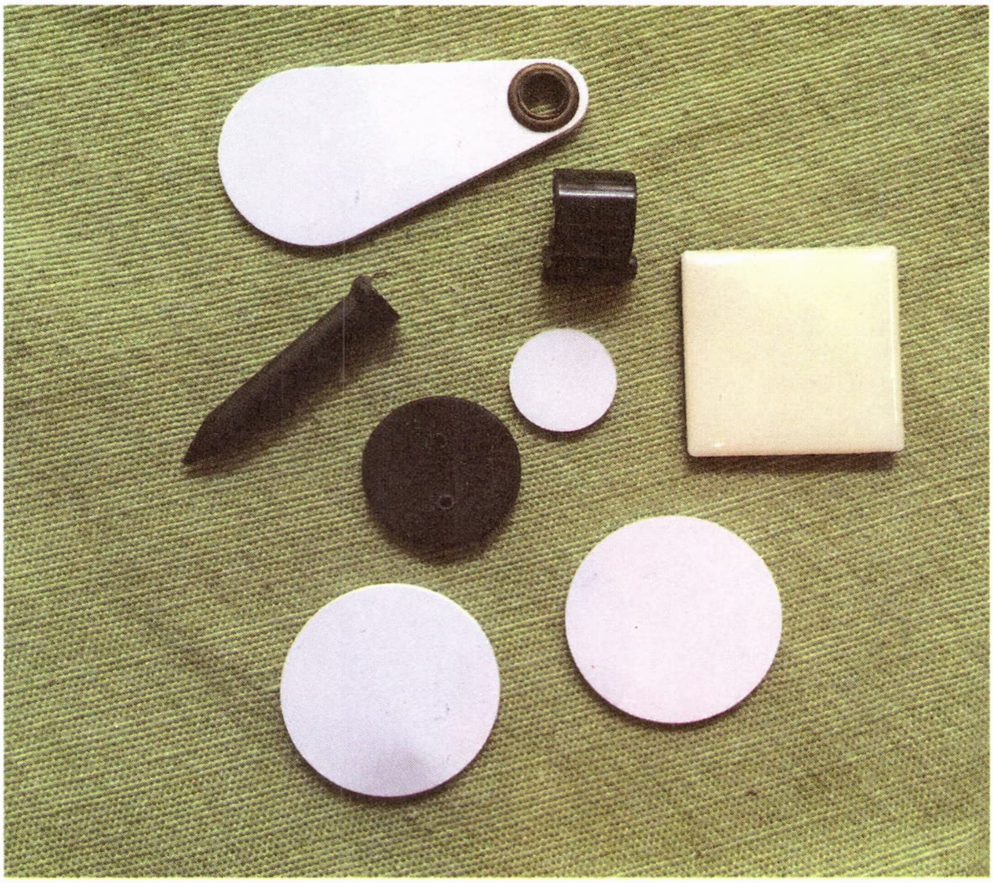
التنقّل بواسطة رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو

لا تحتاج رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو (RFID tags، وتُلفَظ أحياناً arfids) إلى مزوّدات طاقة: فهي تحصل على الطاقة من الموجات اللاسلكية للقارئ. تأتي الرُقع في أشكال متنوعة، كما هو مبيَّن في الشكل 13-7، ومن بينها بطاقات الإئتمان، حُليّ حمّالة المفاتيح، الورق اللاصق، وحتى الرزّات (المسامير).

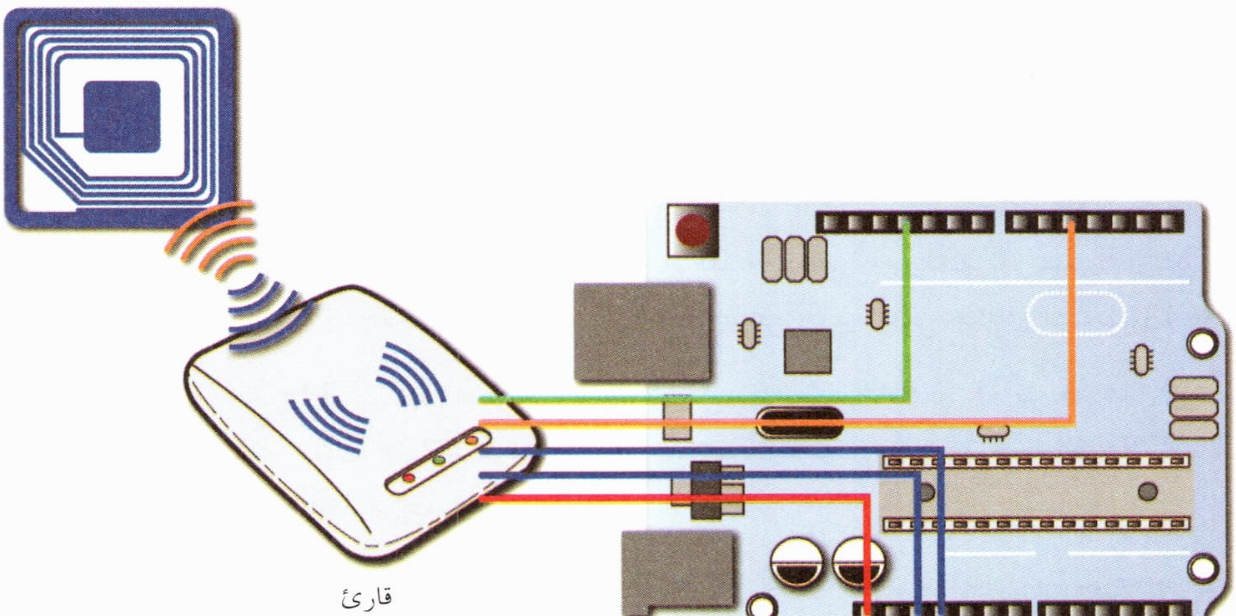
عند وضعه بالقرب من قارئ يعمل، يتلقى الملف في الرُقعة ما يكفي من الكهرباء لتنشيط راديو مصغَّر يرسل الشيفرة الفريدة الخاصة بالرُقعة. يمكنك أخذ فكرة بصرية عن كيفية عمل هذا في الشكل 13-8.

تتألف الشيفرة من 32 بت من البيانات، ويكون كل بت منها إما 0 أو 1. يُترجَم هذا إلى سلسلة أحرف من 16 عدداً، حيث أن 12 عدداً منها هي الشيفرة الفعلية. عندما تقوم بإزالة علامات البداية والنهاية، يتبقى لديك شيفرة أبجدية رقمية من 10 أعداد.

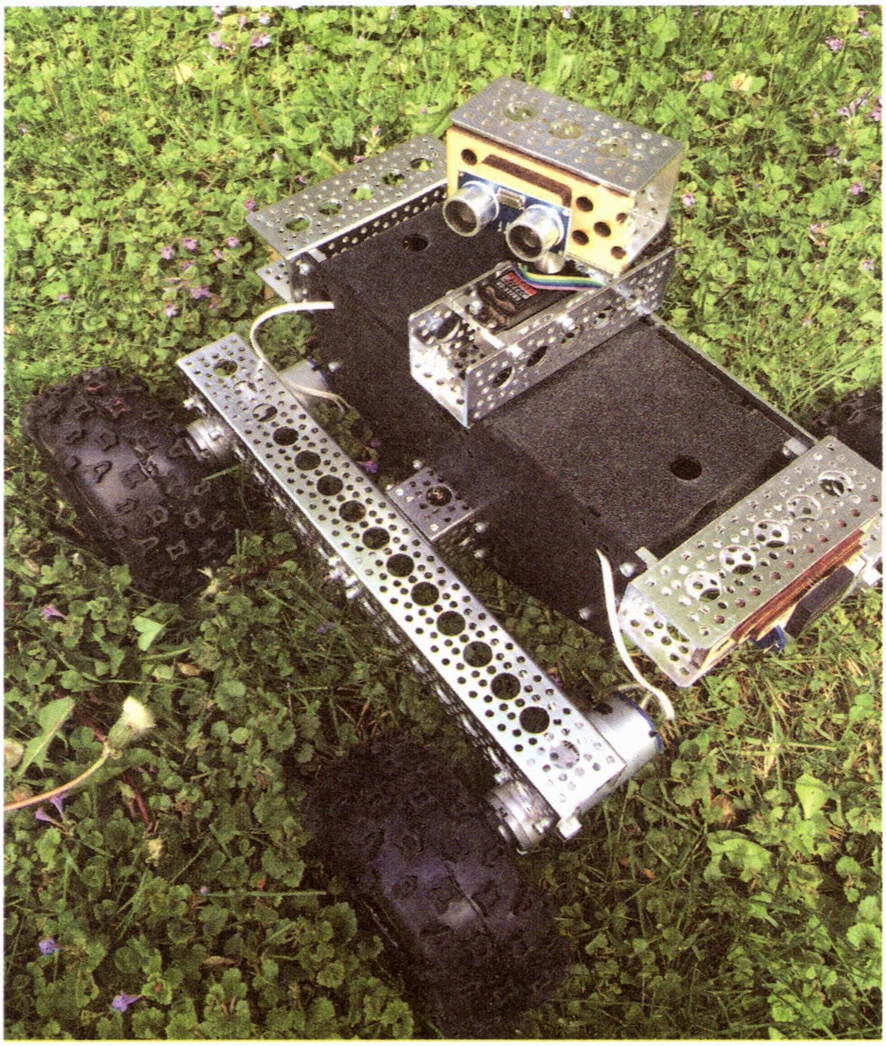
مثلاً، قد تكون هناك شيفرةٌ للأمر "انعطف 90 درجة إلى اليمين ثم سر 3 أمتار" وشيفرةٌ أخرى للأمر "تراجع متراً واحداً". بالطبع، ستحتاج إلى معرفة الشيفرات مسبقاً لكي تتمكن من إضافتها إلى مخطط الأردوينو. وهناك خيار آخر مثير للاهتمام يقضي باستخدام الرُقع "على الماشي" من أجل التنقّل. يمكنك قيادة الروبوت حقاً من خلال رشّ رُقعٍ على مساره.



الشكل 13-7 تأتي رُقع التعرّف بتردّدات الراديو بأشكال وأحجام مختلفة.



الشكل 13-8 ترسل رُقع التعرّف بتردّدات الراديو موجاتٍ لاسلكيةٍ من دون أن يكون هناك مصدر طاقة خاص بها.



الشكل 13-9 تستخدم العربة الجوّالة المتنقّلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو مستشعِراً فوق صوتيٍ لقياس المسافات.

مشروع: عربة جوّالة متنقّلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو

دعـــنا نتعمّق في هذا المضمار ونبني العربة الجوّالة المتنقّلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو المبيّنة في الشكل 13-9. إنها تـــتألّف من هيكل مبني من طقم: أكتوبوتكس نوماد. ستحسِّن هذه القاعدة ببطاقة أردوينو ودرع محـــرّك، وكذلك مستشعِر فوق صوتي لقياس المسافات وكذلك قارئ تقنية التعرّف بتردّدات الراديو المتوقع. هيا نبدأ!

القطع

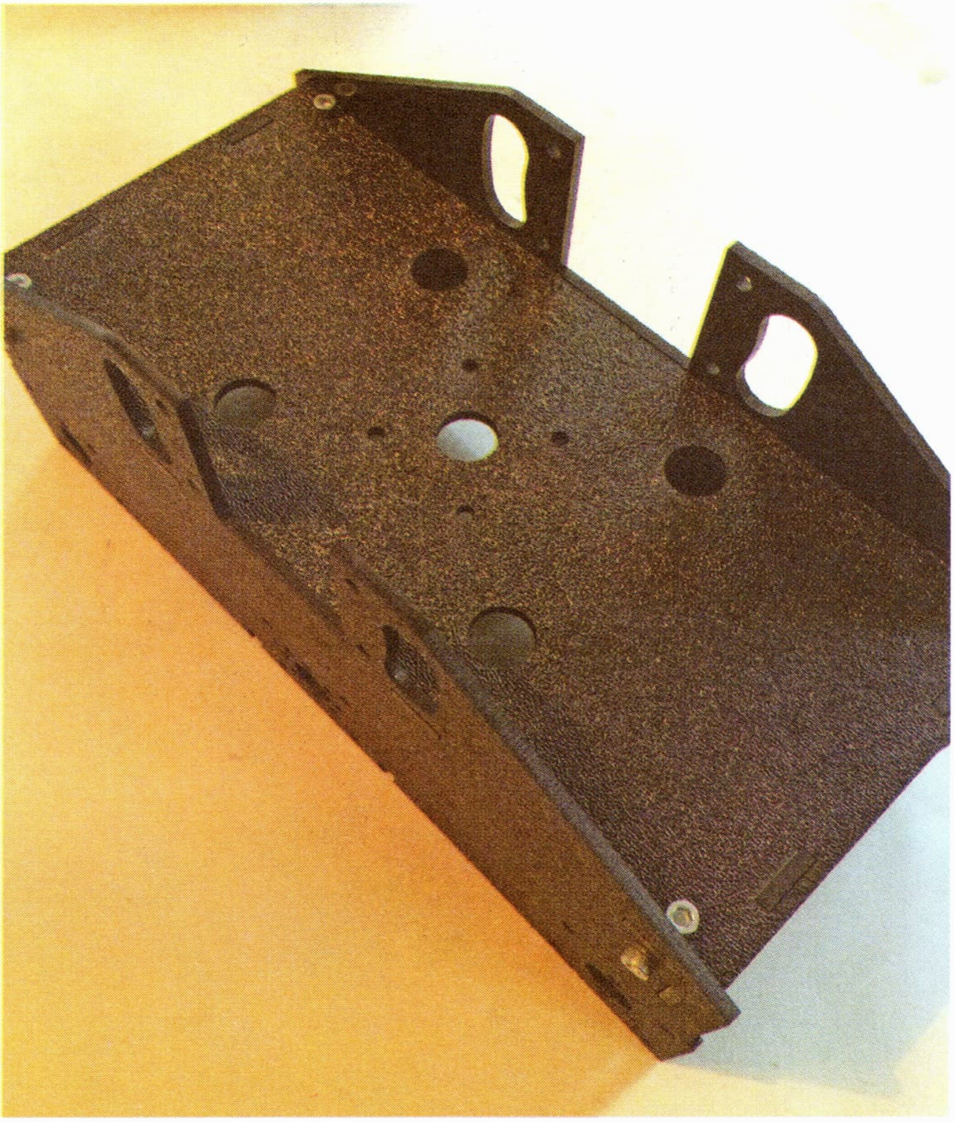
اللجـــوء إلى شراء طقم هيكلٍ سيقلّل مجموع عدد الأشياء التي عليك شراءها، لكنك ستظل بحاجة إلى عدد لا بأس به من القطع، بما في ذلك القطع التالية:

- هيكل العربة الجوّالة أكتوبوتكس نوماد. هذا الهيكل المتوفر تجارياً (SparkFun رقم القطعة 13141) يشكّل العمود الفقري للعربة الجوّالة المتنقّلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو.

- قناة أكتوبوتكس طولها 7.5 سم (3 بوصة) (SparkFun رقم القطعة 12498).
- محرّك مؤازِر ذو زاوية برم 180 درجة أو أكثر. لقد استخدَمتُ Hitec HS-422HD (SparkFun رقم القطعة 11884).
- حامل للمحرّك المؤازِر. لقد استخدَمتُ صفيحة المحرّك المؤازِر B من أكتوبوتكس (SparkFun رقم القطعة 12444).
- محور طويل للمحرّك المؤازِر (SparkFun رقم القطعة 12227).
- بعض الأسلاك المفتولة ذات القطر 24 (Jameco رقم القطعة 2187876).
- مستشعِر تعرّف بتردّدات الراديو (SparkFun رقم القطعة 11827). هذا المستشعِر مصنَّف لـ 125 كيلوهرتز، وستحتاج إلى رُقع تتطابق معه.
- رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو (SparkFun رقم القطعة 8310). حجمها بحجم بطاقة تعريف المهنة وهي مشفَّرة بهوية فريدة تتألف من 32 عدداً لا يمكن تغييرها. ترسل الرُقعة هذه الشيفرة عندما يتم تنشيطها.
- لوحة دارات لتقنية التعرّف بتردّدات الراديو (SparkFun رقم القطعة 13030). لست مضطراً إلى شرائها أبداً؛ بل يوصى بها لأنها تحوِّل موصلات المستشعِر المتباعدة 2 ملم عن بعضها البعض إلى تباعدات 0.25 سم ملائمة أكثر للوحة التجارب.
- مستشعِر فوق صوتي. يمكنك شراء Sain Smart HC-SR04 على الانترنت. هناك مستشعِر مشابه هو Makeblock Me-Ultrasonic Sensor (رقم القطعة 11001) تجده في www.makeblock.cc
- وصلات عبور للإطالة (Adafruit رقم القطعة 826)
- براغي فيليبس 24-4# طولها 0.6 سم مخروطية الرأس ذاتية الحَفر، مثل Fastenal رقم القطعة 0143528
- قابس بطارية 9 فولط. Adafruit رقم القطعة 80 تفي بالغرض.
- 8 بطاريات AA للمحرّكات (Adafruit رقم القطعة 449).

الخطوات

دعنا نجمِّع العربة الجوّالة المتنقّلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو، بدءاً من بناء الطقم أكتوبوتكس نوماد. لاحظ أن أكتوبوتكس تقدِّم فيلم فيديو على يوتيوب يشرح تعليمات بناء الهيكل، ويمكنك إيجاده على العنوان https://www.youtube.com/watch?v=FAPDkyeAek8. في غضون ذلك، إليك الخطوات التي عليك تنفيذها:



الشكل 13-10 جمِّع الهيكل ABS.

1. جمِّع الهيكل ABS. يتم توصيل قطع الهيكل، المبيَّن في الشكل 13-10، ببعضها بمساعدة البراغي #6-32 المجوَّفة الرأس المرافقة وكتل التوصيل المطابقة لها. يسمّى الهيكل ABS لأنه مصنوع من البلاستيك الثقيل والمتين الذي يدعى ABS (اختصار acrylonitrile butadiene styrene)؛ وهي نفس المادة التي تُصنع منها قطع الليغو. بالإضافة إلى متانته، يمكن ثَقب ABS بسهولة ويأتي الهيكل مجهَّزاً بثقوب تركيب، مما يتيح لك تركيب أي جهاز يمكنك تخيّله.

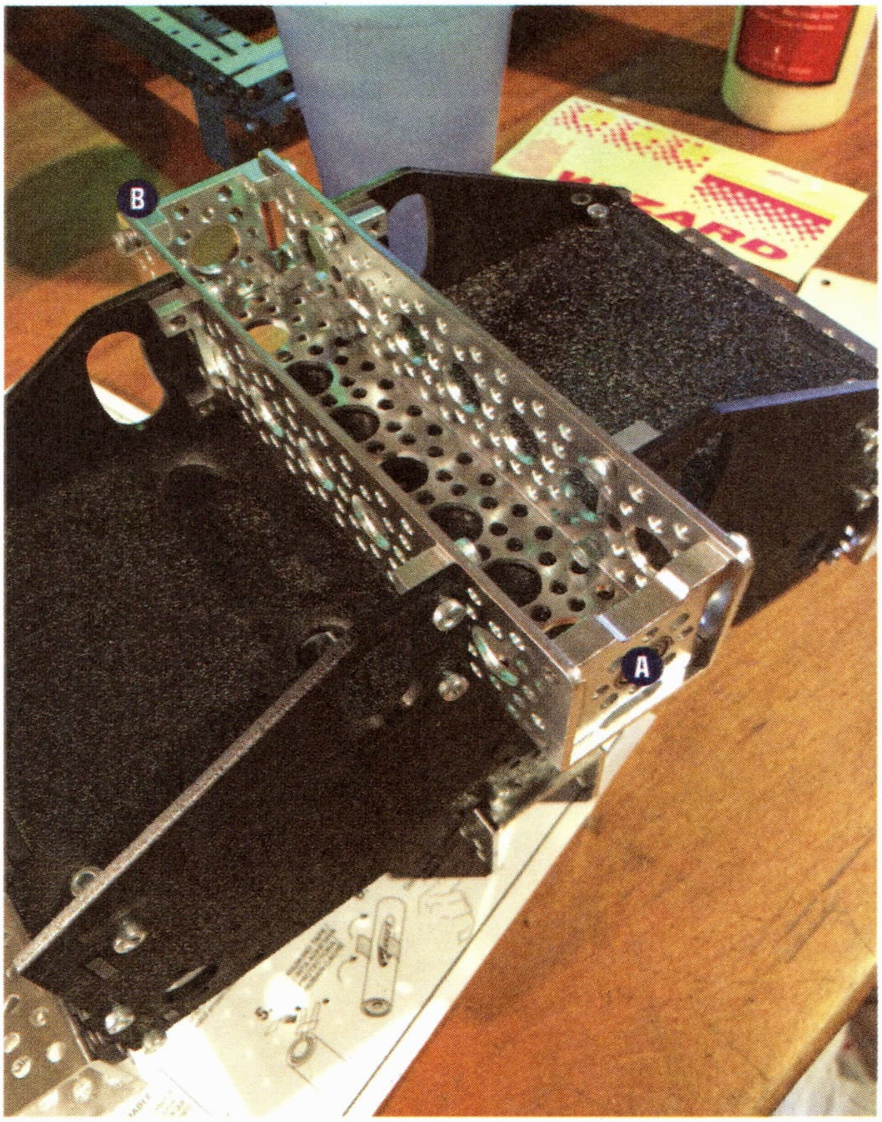
2. وصِّل ثلاث قنوات طول الواحدة منها 11.5 سم بالهيكل. المكوّن الرئيسي لأكتوبوتكس هو قناة الألومنيوم، وهي عارضة معدنية مثقوبة بعشرات ثقوب التركيب. ستضيف ثلاث قنوات في هذه الخطوة (مبيَّنة في الشكل 13-11) بمساعدة المزيد من كتل التركيب.

لا تزوِّد هذه القنوات في الواقع أي دعم بنيوي للهيكل – فوظيفتها أن تكون منصةً للمستشعرات وبقية المكوّنات. ستتمكن من فعل هذا لاحقاً – فتُضيف مستشعِر برم فوق صوتي إلى القناة العليا ومستشعِر تقنية التعرّف بتردّدات الراديو إلى القناة الأمامية.



الشكل 13-11 سيتم تركيب المستشعِرات على هذه القنوات في نهاية المطاف.

3. أضف القناة ذات الطول 15 سم بأسفل الهيكل ABS بمساعدة المزيد من كتل التوصيل، كما هو مبيَّن في الشكل 13–12. ستضيف أيضاً حاملَين مختلفَين إلى الجهتين. أحد الحاملَين هو وسادة تحميل رُباعية (مسمّاة A في الشكل) ذات سناد مبيَّت، مما يسمح لمحور دوران حجمه 0.6 سم بأن يبرم بحرية. والحامل الآخر هو موزِّع رُباعي (مسمّى B) يشبه الحامل الأول لكنه يفتقد للسناد.

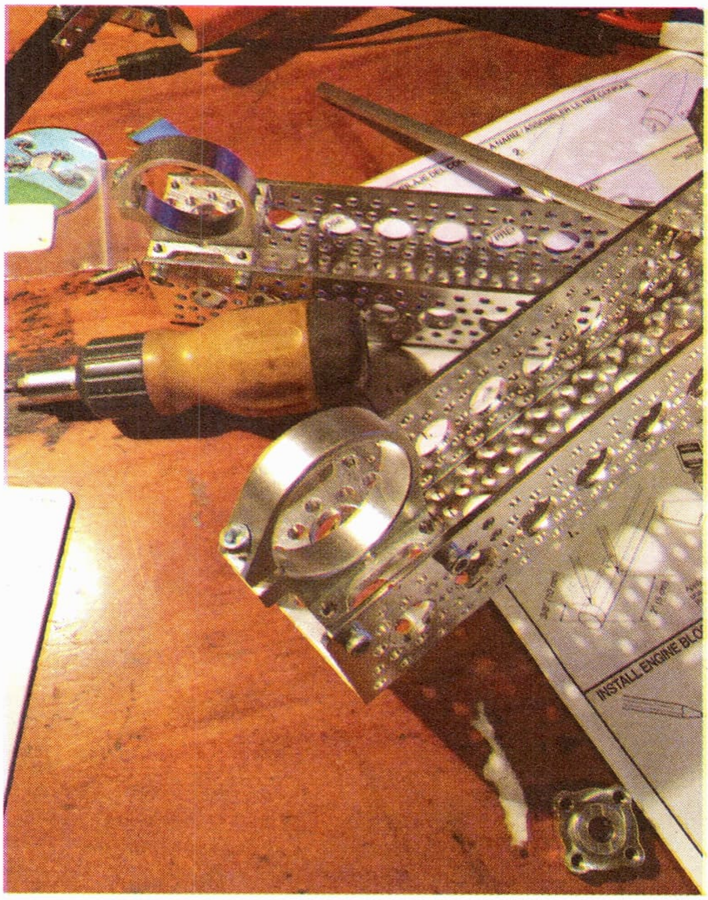


الشكل 13-12 هذه القناة البالغ طولها 15 سم ستدعم العجلات في نهاية المطاف.

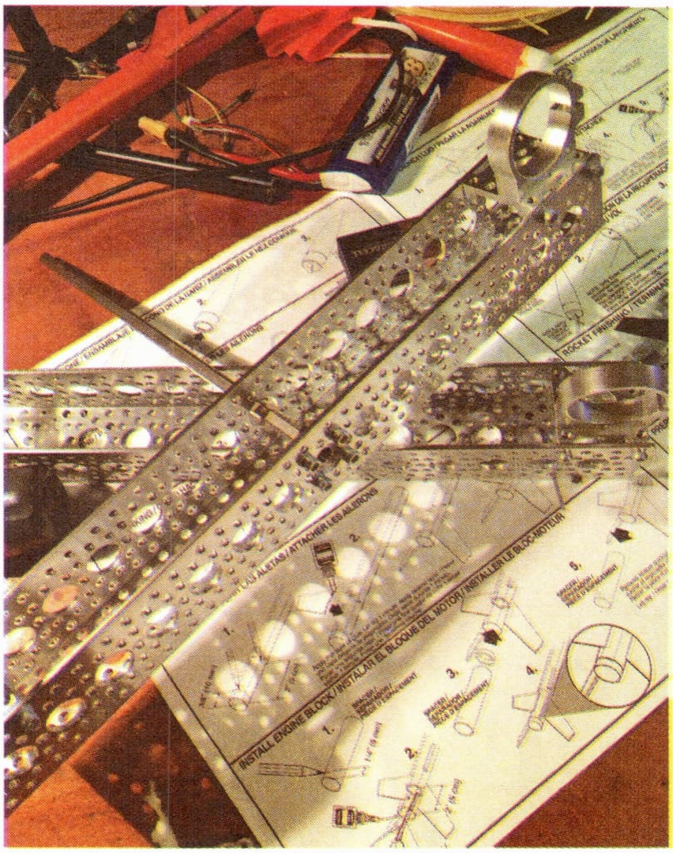
4. بعد ذلك، أمسك القناتين التوأم 30 سم وركّب حاملات المحرّكات الأربعة عند الطرفَين، باستخدام المزيد من الموزِّعات الرُباعية المفيدة تلك. يبيِّن الشكل 13-13 حاملَين تم تركيبهما من قبل.

5. ركّب موزِّع مجموعة البراغي ومحور الدوران 20 سم بإحدى القنوات 30 سم، كما هو مبيَّن في الشكل 13-14.

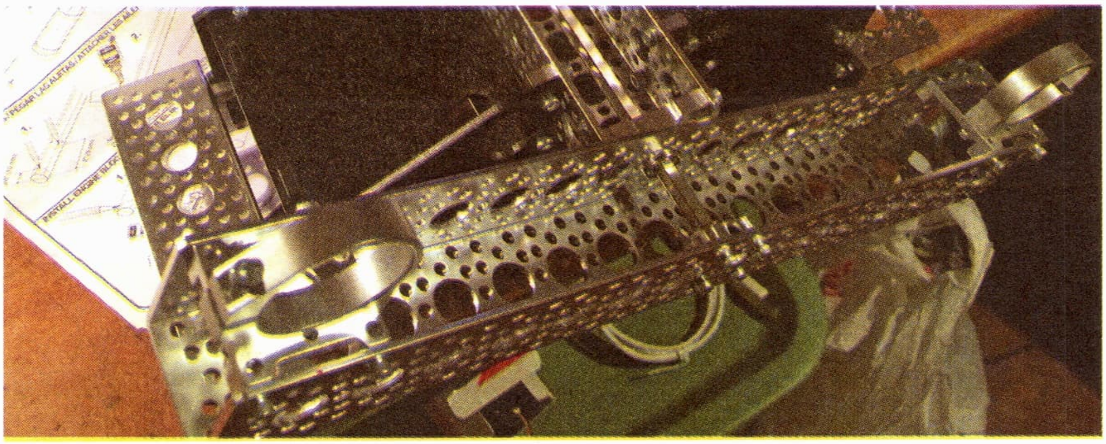
6. ثبِّت قناةً 30 سم بالموزِّع الرُباعي على القناة 15 سم المركَّبة على الهيكل ABS. استخدم مباعداً وسناداً على القناة 30 سم حيث يمرّ العمود. يبيِّن الشكل 13-15 كيف يجب أن يبدو هذا. ستريد هذه القناة بأن تكون قادرة على التحرّك، وهذا رائع! فستساعد العربة الجوّالة على اجتياز التضاريس الوعرة.



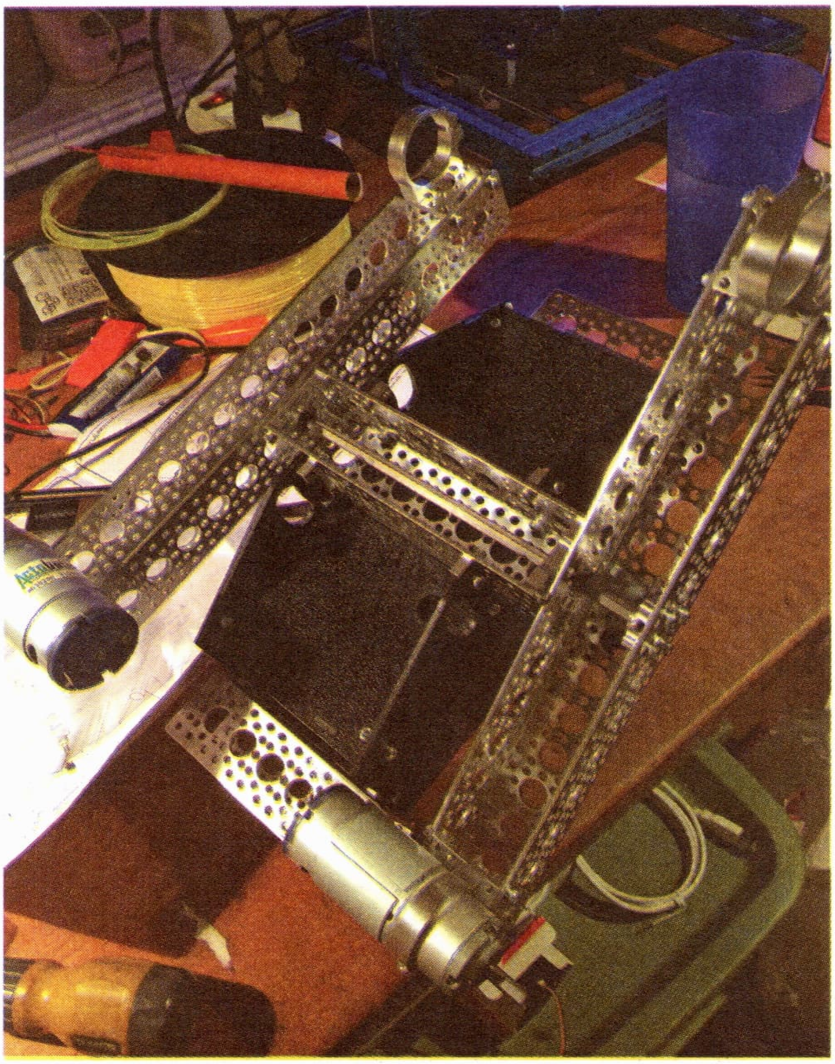
الشكل 13-13 وصِّل حاملات المحرّكات بالقنوات البالغ طولها 30 سم.



الشكل 13-14 وصِّل موزِّع مجموعة البراغي ومحور دوران 20 سم بإحدى القنوات 30 سم.

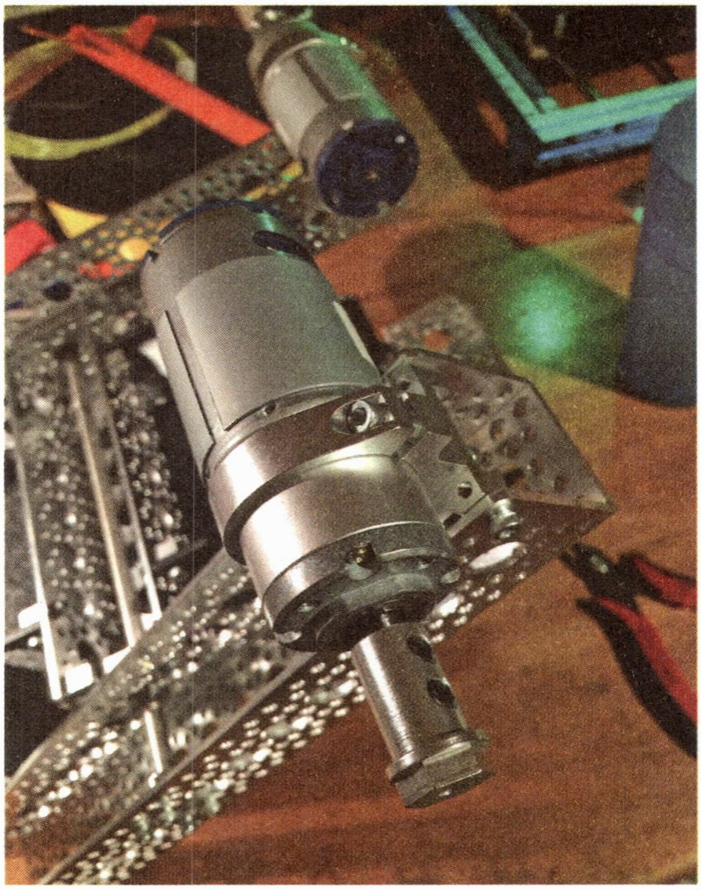


الشكل 13-15 وصِّل إحدى القنوات 30 سم بالهيكل.



الشكل 13-16 وصِّل القناة 30 سم الأخرى.

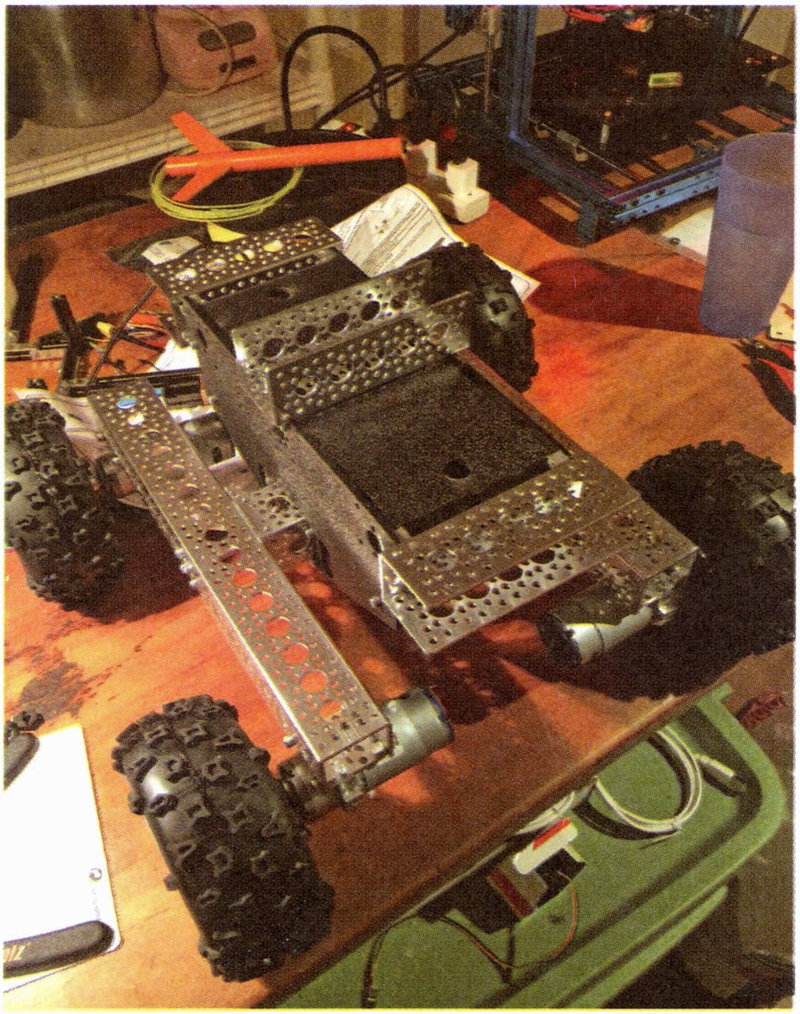
7. وصِّل القناة 30 سم الأخرى، مع إعطائها سناداً خاصاً بها لدعم الطرف الآخر لمحور الدوران، كما هو مبيَّن في الشكل 13-16. هذه القناة لا تتحرّك، مما قد يُثير ريبة الأشخاص، لكنه أمر منطقي - لأنه إذا تحرّك حاملا العجلتين، سيسقط الهيكل على أحد جانبَيه.



الشكل 13-17 أضف المحرّكات ومهايئات العجلات.



الشكل 13-18 جمّع العجلات، ثم ركّبها.



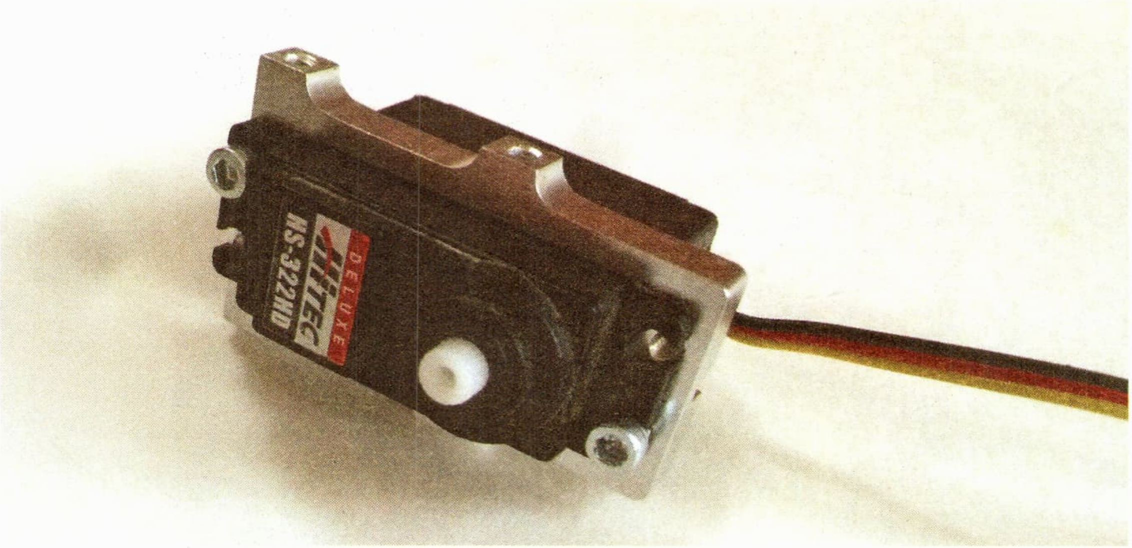
الشكل 13-19 لقد انتهيت من العمل مع الطقم! حان الوقت الآن لتخصيصه.

8. ركِّب المحرّكات ومهايئات العجلات السداسية، كما هو مبيَّن في الشكل 13–17. ستدخُل المحرّكات ببساطة في الملازم الموجودة عند أطراف القنوات 30 سم، والتي يمكن عندها شدّها لتثبيتها في مكانها. أضف مهايئ عجلة سداسي إلى كل محور دوران، وسيتم توصيل العجلات به لاحقاً.

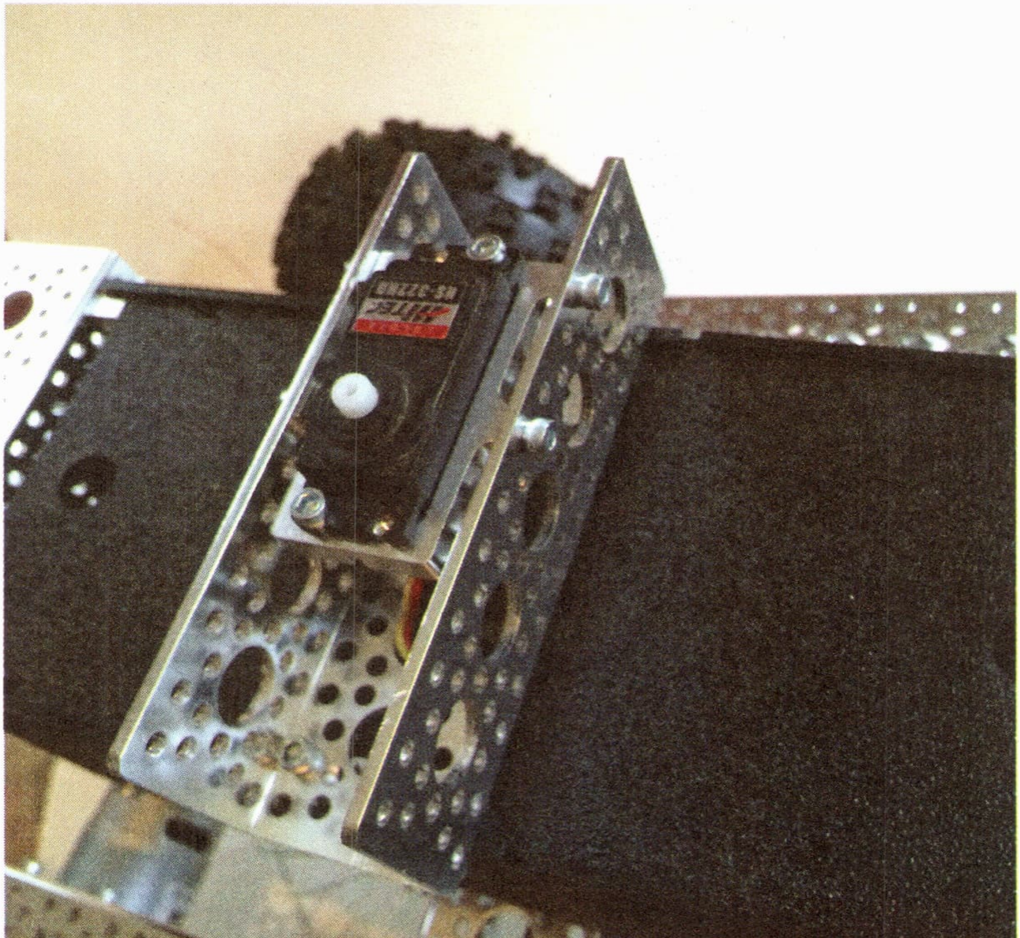
9. جمِّع العجلات ثم ركِّبها. إنها تتألَّف من إطار بلاستيكي، وطبقة من الرغوة حول الإطار، ثم عجلة مطاطية تغطي الرغوة. يمكنك رؤية كيف يجب أن تبدو في الشكل 13–18. استخدم المزيد من البراغي 32-6# المجوَّفة الرأس لتوصيل العجلات بالمهايئات.

10. لقد انتهيت من العمل مع الطقم! يجب أن يبدو الآن كالشكل 13–19. ستقوم في الخطوة التالية بتخصيص العربة الجوّالة بإضافة المستشعِرات إليها. انتبه إلى أن كل قطع أكتوبوتكس التي ستضيفها بعد هذه الخطوة يجب شراؤها بشكل منفصل، كما هو مشروح في لائحة القطع.

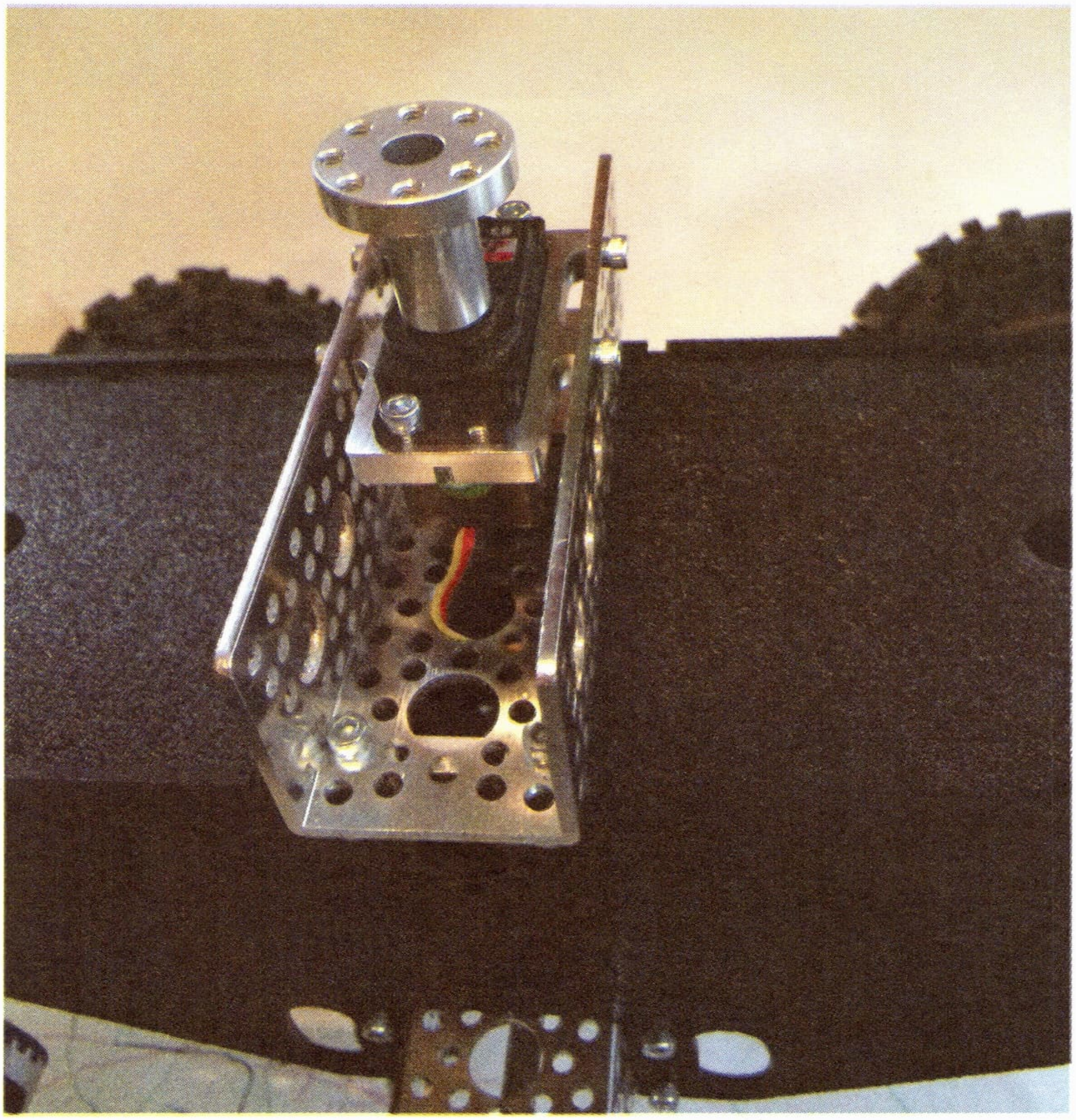
11. وصِّل المحرّك المؤازِر بحامل المحرّك المؤازِر باستخدام البراغي 32-6# (راجع الشكل 13–20).



الشكل 13-20 وصِّل المحرّك المؤازِر بحامل المحرّك المؤازِر.



الشكل 13-21 ركِّب المحرّك المؤازِر في القناة العليا.



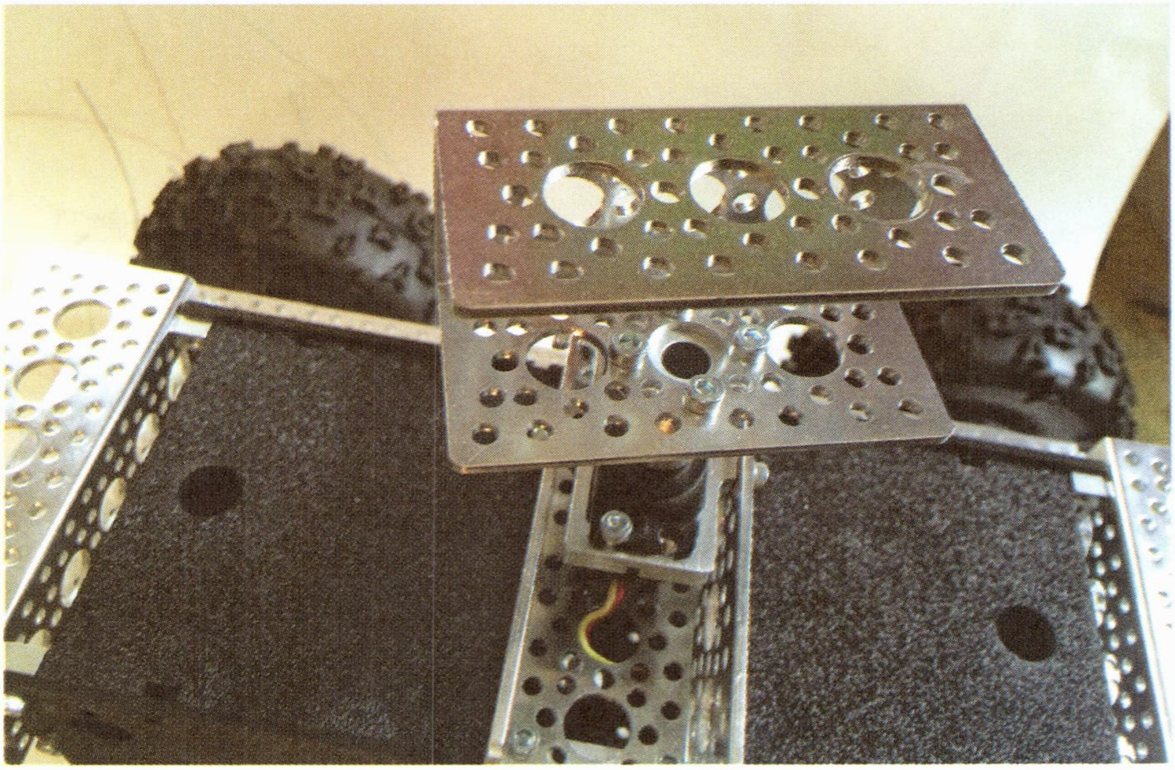
الشكل 13-22 ركّب محور المحرّك المؤازِر.

12. ركّب المحرّك المؤازِر في القناة العليا، كما هو مبيَّن في الشكل 13–21. ابق محور المحرّك المؤازِر أقرب ما يمكن إلى وسط القناة. يمكن تمرير أسلاك المحرّك المؤازِر عبر الثقب الوسطي للقناة.

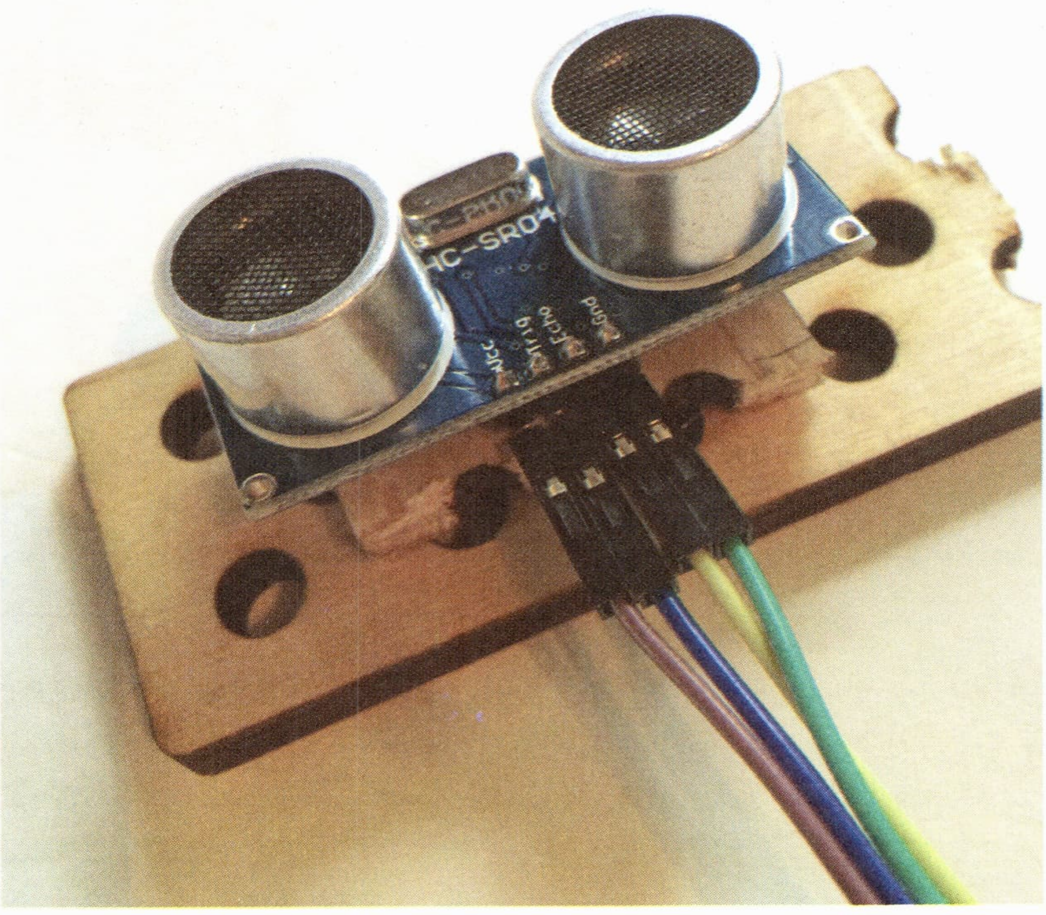
13. ركّب محور المحرّك المؤازِر باستخدام البراغي التي أتت مع المحرّك المؤازِر (راجع الشكل 13–22).

14. وصِّل قناةً 7.5 سم بمحور المحرّك المؤازِر، كما هو مبيَّن في الشكل 13–23. سيكون هذا البرج الذي سيبرم المستشعِر فوق الصوتي.

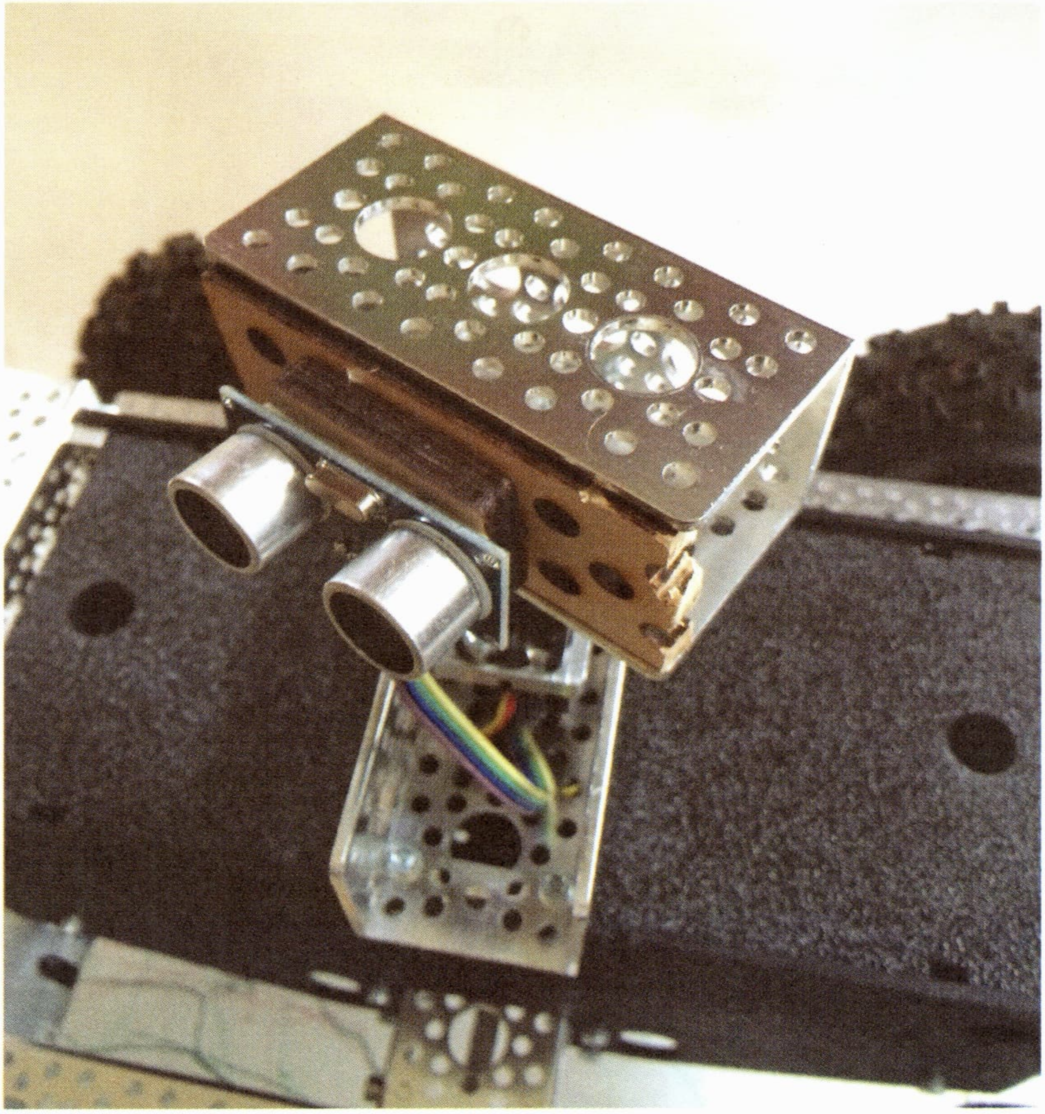
15. جمِّع حامل المستشعِر فوق الصوتي. يتألف هذا النظام المتقدّم، المبيَّن في الشكل 13–24، من قطعة خشب موصول بها المستشعِر بواسطة شريط لاصق مزدوج الجوانب. وأثناء قيامك بذلك، وصِّل الأسلاك الأربعة للمستشعِر. حجم قطعة الخشب هي 3.8 × 7.5 سم، مما يتيح لها أن تتّسع داخل القناة بعدما يتم تركيبها.



الشكل 13-23 أضف قناةً طولها 7.5 سم.



الشكل 13-24 جمِّع حامل المستشعِر فوق الصوتي.

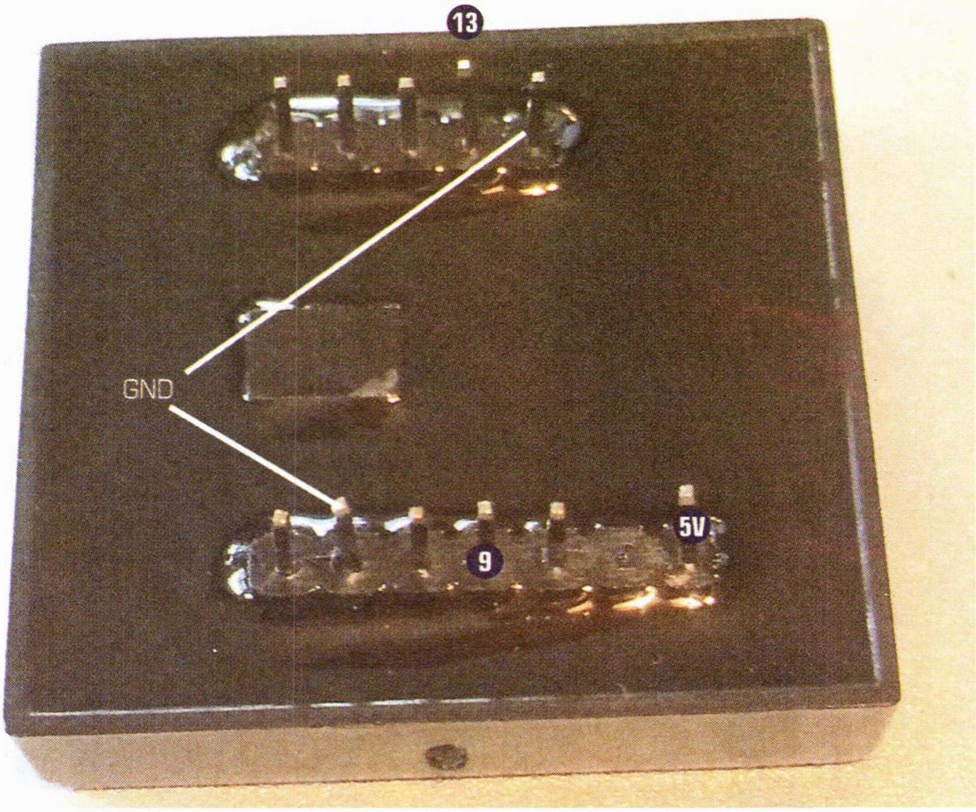


الشكل 13-25 ركّب كتلة المستشعِر فوق الصوتي.

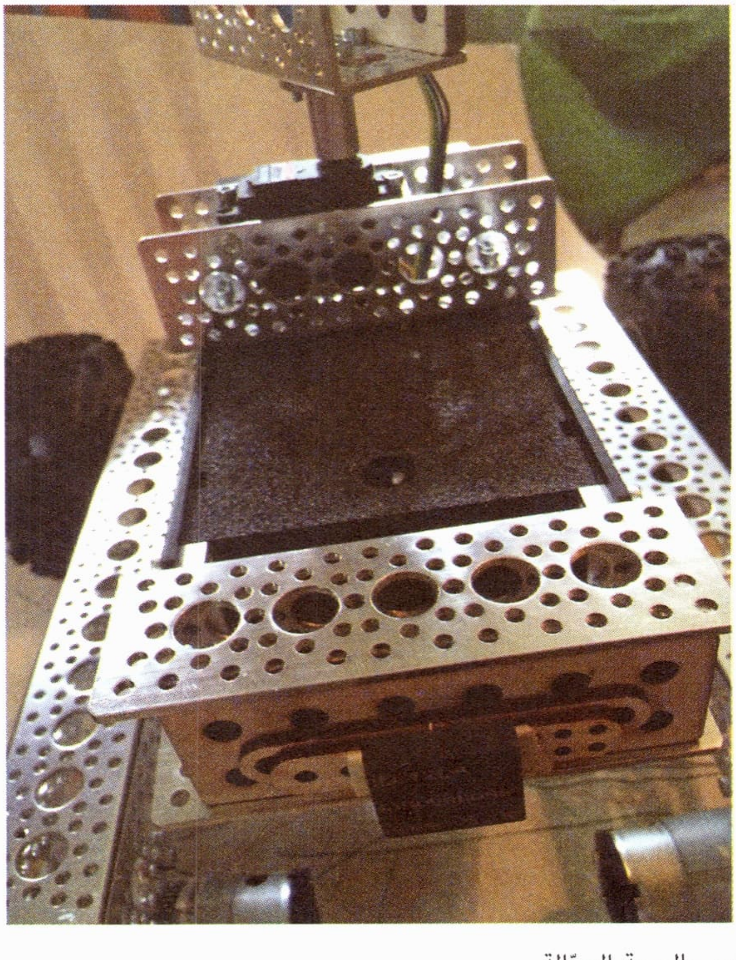
16. ركّب كتلة المستشعِر فوق الصوتي في القناة 7.5 سم. استخدم براغي 3# عديمة الرأس لتثبيت قطعة الخشب، أو فقط استخدم طريقة الاحتكاك: كانت قطع الخشب التي استخدَمتُها بالعرض الدقيق تماماً بحيث ثبتت في مكانها من دون معدات. يبيِّن الشكل 13–25 كيف يجب أن يبدو هذا.

17. ستحتاج بعد ذلك إلى توصيل أسلاك مستشعِر التعرّف بتردّدات الراديو. وإحدى الأدوات الاختيارية التي يمكنها أن تساعدك في ذلك هي لوحة الدارات لتقنية التعرّف بتردّدات الراديو، وقد ذكرتُها في لائحة القطع. إنها تحوِّل دبابيس المستشعِر المتباعدة 2 ملم عن بعضها البعض إلى تباعدات 0.25 سم ملائمة أكثر للوحة التجارب. في كلا الحالتين، يبيِّن الشكل 13–26 ما هي الدبابيس التي ستحصل على أسلاك؛ وسأبيِّن لك لاحقاً في عملية البناء أين عليك توصيل الأطراف الأخرى لتلك الأسلاك.

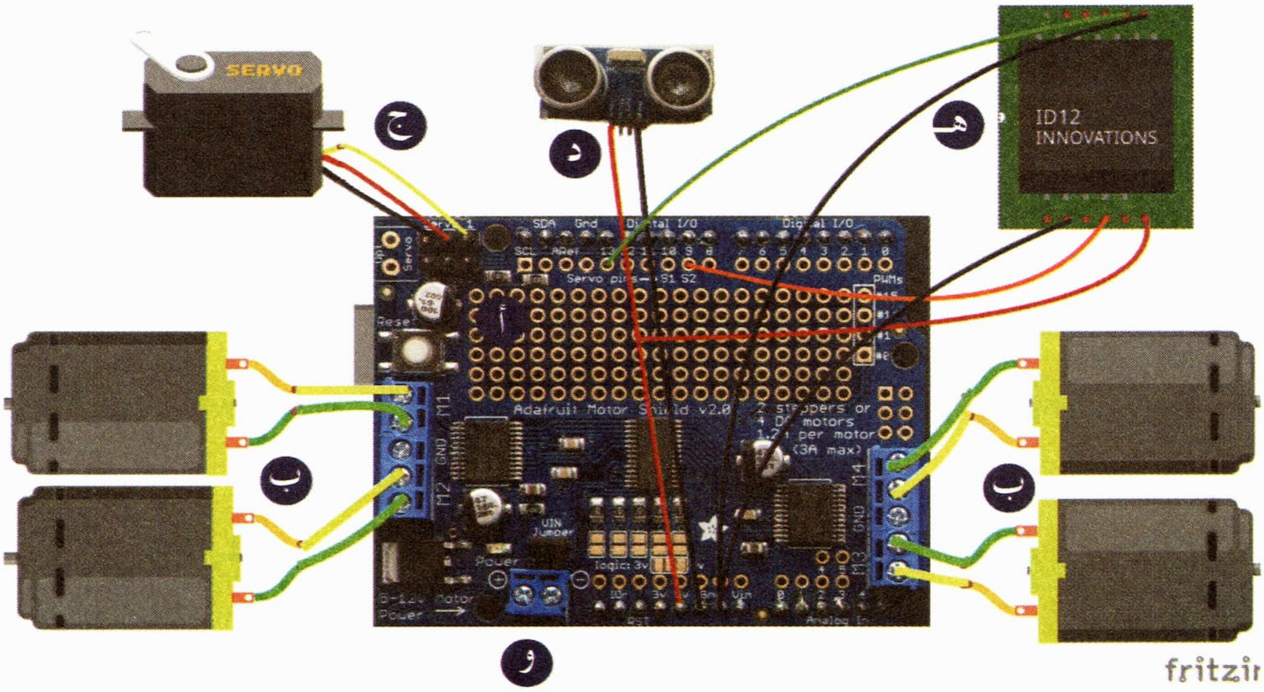
18. ألصِق المستشعِر بقطعة خشب مثلما فعلتَ مع الكتلة الأخرى. يبيِّن الشكل 13–27 كيف يجب أن يبدوَ هذا.



الشكل 13-26 وصِّل أسلاك وحدة التعرّف بتردّدات الراديو مثلما ترى هنا.



الشكل 13-27 وصِّل المستشعِر بالعربة الجوّالة.



الشكل 13-28 وصِّل أسلاك الإلكترونيات مثلما ترى هنا.

19. سنبدأ بعد ذلك بتركيب الإلكترونيات. يبيِّن الشكل 13–28 المكوّنات المختلفة وكيفية توصيلها، لكن دعنا نناقش كل بند على حدة:

أ. أجلِس درع المحرّك على الأردوينو.

ب. وصِّل أسلاك المحرّك بمنافذ المحرّكات الأربعة على درع المحرّك. يتم توصيل هذه بطرفيات براغي (screw terminals) بكل بساطة. وإذا برم المحرّك بعكس الاتجاه الذي تتوقعه، ما عليك سوى عكس الأسلاك.

ج. وصِّل أسلاك المحرّك المؤازِر بالدبابيس الثلاثية على درع المحرّك. يجب على وزن القابس على أطراف الأسلاك أن يضغطَ نزولاً على الدبابيس.

د. وصِّل أسلاك المستشعِر فوق الصوتي. يتم توصيل الدبابيس المعلّمة 5V وGND بالدبابيس المناسبة لها على الأردوينو. ويتم توصيل الدبوس TRIG بالدبوس 12، والدبوس ECHO بالدبوس 11.

هـ. وصِّل أسلاك التعرّف بتردّدات الراديو بالدبابيس المناسبة لها على الدرع. راجع الشكل 13–26 لكي ترى كيفية توصيل أسلاك هذا المكوّن.

و. وصِّل البطاريات. يتم توصيل البطارية 9 فولط وقابسها بالمقبس الأسطواني على الأردوينو، بينما يتم توصيل البطارية 12 فولط بطرفية البرغي على الدرع المعلّمة 5-12V Motor Power (طاقة المحرّك من 5 إلى 12 فولط).

برمجة العربة الجوّالة المتنقلة بتقنية التعرّف بتردّدات الراديو

يتضمن مخطط العربة الجوّالة عدة مكوّنات معقّدة: يمكنه بالطبع قراءة رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو، ويقوم باستمرار بالمسح بحثاً عن الرُقع ثم مقارنة الشيفرات الملتقطة بمجموعة الأعمال التي يمكنه تنفيذها.

مـــثلاً، إذا مـــسحتَ إحـــدى الشيفرات، فإن العربة الجوّالة ستبرم المحرّك المؤازر الذي يتحكّم بالاتجاه المصوَّب فيه المستشعر، ثم تنفّذ مسحاً للمسافة. أما رُقعةٌ أخرى فترسل العربة الجوّالة إلى الوراء، بينما تبرمها رقعةٌ أخرى في مكانها. هذه كلها بدائل لإرشاداتك، والتي ستكون فريدة للبيئة التي تريد التنقّل فيها. تهدف هذه الأمثلة إلى مجرد إظهار لك كيفية إنشاء إرشادات خاصة بك.

```
//This code was created with example code from Adafruit's Motor Shield library
//as well as Bildr.org's RFID tutorial
#include <Servo.h>
#include <AFMotor.h> //you may need to download the Adafruit Motor Shield library
int RFIDResetPin = 13;
//this is the ultrasonic's two control pins.
//if you use a 3-pin PING, simply change their Arduino pin number
//so that they're the same.
int us_ping = 12;
int us_listen = 11;
// initializes the four motors. FL = front left, and so on.
AF_DCMotor FLmotor(1);
AF_DCMotor FRmotor(2);
AF_DCMotor BLmotor(3);
AF_DCMotor BRmotor(4);
//initialize the servo
Servo USservo;
//give each tag its own array - obviously, add the correct codes
//the 13 refers to the size of the array, 12 characters plus a null
char tag1[13] = "000000000000";
char tag2[13] = "111111111111";
char tag3[13] = "222222222222";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RFIDResetPin, OUTPUT);
  digitalWrite(RFIDResetPin, HIGH);
  //power up the servo and four DC motors
  USservo.attach(10); //AKA servo 1 on the motor shield
  FLmotor.setSpeed(200);
  FLmotor.run(RELEASE);
  FRmotor.setSpeed(200);
  FRmotor.run(RELEASE);
  BLmotor.setSpeed(200);
  BLmotor.run(RELEASE);
```

```
  BRmotor.setSpeed(200);
  BRmotor.run(RELEASE);
  //initialize the US sensor's pin
  const int us_Listen = 11;
  const int us_Ping = 12;
  long duration, inches, cm;
}
void loop() {
  char tagString[13];
  int index = 0;
  boolean reading = false;
  while (Serial.available()) {
    int readByte = Serial.read(); //read next available byte
    if (readByte == 2) reading = true; //begiNning of tag
    if (readByte == 3) reading = false; //end of tag
    if (reading && readByte != 2 && readByte != 10 && readByte != 13) {
      //store the tag
      tagString[index] = readByte;
      index ++;
    }
  }
  checkTag(tagString); //Check if it is a match
  clearTag(tagString); //Clear the char of all value
  resetReader(); //Reset the RFID reader
}

switch (tagString) {
case 'tag1':
  servo1.write(90); //rotates the sensor
  //sends out a ping
  pinMode(us_Ping, OUTPUT);
  digitalWrite(us_Ping, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(us_Ping, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(us_Ping, LOW);
  //then listens
  pinMode(us_Listen, INPUT);
  duration = pulseIn(us_Listen, HIGH);
  cm2 = microsecondsToCentimeters(duration);
  if (cm2 < 1000) //triggers within 1 meter
  {
    //ADD SOME EVENT THAT OCCURS IF SOMETHING'S WITHIN 1M
  }
  servo1.write(-90); //returns to its original position
```

```
    break;
  case 'tag2':
    //MOTORS MOVE BACKWARD FOR 2 SECONDS
    FLmotor.run(BACKWARD);
    FLmotor.setSpeed(200);
    FRmotor.run(BACKWARD);
    FRmotor.setSpeed(200);
    BRmotor.run(BACKWARD);
    BRmotor.setSpeed(200);
    BLmotor.run(BACKWARD);
    BLmotor.setSpeed(200);
    delay(2000);
    FLmotor.setSpeed(0);
    FRmotor.setSpeed(0);
    BRmotor.setSpeed(0);
    BLmotor.setSpeed(0);
    delay(5);
    break;
  case "tag3":
    //turn in place
    FLmotor.run(FORWARD);
    FLmotor.setSpeed(200);
    FRmotor.run(BACKWARD);
    FRmotor.setSpeed(200);
    BRmotor.run(BACKWARD);
    BRmotor.setSpeed(200);
    BLmotor.run(FORWARD);
    BLmotor.setSpeed(200);
    delay(2000);
    FLmotor.setSpeed(0);
    FRmotor.setSpeed(0);
    BRmotor.setSpeed(0);
    BLmotor.setSpeed(0);
    break;
  }
  clearTag(tagString); //Clear the char of all value
  resetReader(); //reset the RFID reader
  }
  //this function converts microseconds to centimeters
  long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
  {
    return microseconds / 29 / 2;
  }

  //this resets the reader
```

```
void resetReader() {
  digitalWrite(RFIDResetPin, LOW);
  digitalWrite(RFIDResetPin, HIGH);
  delay(150);
}
// this function clears the tag's code by filling the array with zeros
void clearTag(char one[]) {
  for (int i = 0; i < strlen(one); i++) {
    one[i] = 0;
  }
}
```

الخلاصة

لقد أنهيت مشروع مركبتك غير المأهولة الأخير في هذا الفصل، وهو بناء عربة جوّالة من الهيكل أكتوبوتكس نوماد مع تسليم زمام الأمور لبطاقة أردوينو. لكن مشروع الكوادكوبتر الرئيسي لهذا الكتاب لم يكتمل بعد: لا يزال عليك برمجته. سيعرّفك الفصل 14 على بعض برامج التحكم الشعبية بالطائرات بدون طيّار التي تتيح لك التحكم بمركبتك من كمبيوتر محمول أو لوحيّ. بعد ذلك، سأستعرض معك عملية ضبط تكوين متحكم الطيران MultiWii المركّب على كوادكوبترك. وستبدأ الطيران بعد ذلك بوقت قصير!

14

بناء كوادكوبتر، الجزء السادس: البرامج

لقد وصلت إلى الفصل الأخير في الكتاب، حيث ستتعلَّم عن البرنامج الذي يمكنك استخدامه لتتحكم بالكوادكوبتر التي بنيتها. يغطي هذا الفصل تشكيلة متنوعة من أطقم برامج القيادة، بما في ذلك تطبيقات لكمبيوترك المحمول وأجهزتك الجوّالة المفضَّلة. تخيّل هذه البرامج كأنها طيّار آلي يمكّنك من التحكم بمركبتك من دون الجويستيك الاعتيادي. بعد ذلك، ستضبط تكوين متحكم طيرانك MultiWii لتحضيره لكي تطير (راجع الشكل 14-1).



الشكل 14-1 وصل مشروع الكوادكوبتر إلى خاتمته المنطقية: في الهواء!

برنامج القيادة

مثلما قد تتوقع، تستطيع البرامج أن تتحكم بالمحرّكات أفضل مما يستطيع إبهامك. والاتكال على البرامج لتتحكم بطائرتك بدون طيّار يمكّنك من أن تشغّل الكاميرا أو تراقب نظام التموضع العالمي والمستشعرات الأخرى. في بعض تلك الحزمات البرمجية، يمكنك تخطيط خط سير الرحلة مسبقاً لكي تسير عليها الطائرة بدون طيّار.

هناك شيء عليك تذكّره هو أن حزمات برامج القيادة النموذجية تكون مضبوطة لنوع واحد من لوحات القيادة. وهذا أمر منطقي إذا فكّرت به - كيف باستطاعة البرنامج أن يعرف عن التكوين الدقيق لطائرتك بدون طيّار؟ في أي حال، يريد منك الصانعون بالطبع أن تستخدم برنامجهم لتتحكم بطائراتهم بدون طيّار.

OpenPilot

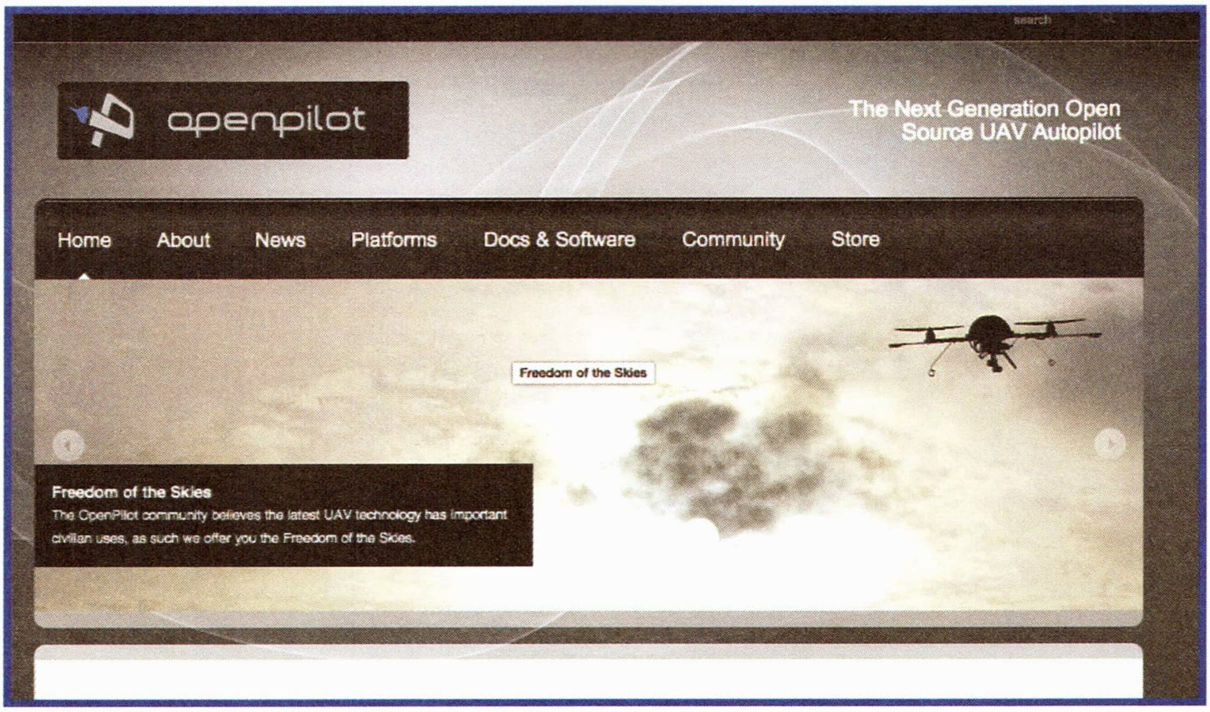
تركّز هذه المنصة المفتوحة المصدر التي لا تبغي الربح على تزويد استقرار خلال الطيران وبرنامج طيّار آلي للمروحيات المتعددة المراوح وأي أنواع أخرى من المركبات المستقلة بذاتها، بما في ذلك الترايكوبترات، والطائرات ذات الأجنحة الثابتة، والعربات الجوّالة. وسيكون كل نوع من المركبات مدعوماً بتعليمات تركيب خاصة به، مما يسمح لك أن تتحكم بهكساكوبترٍ (مروحية سداسية المراوح) ذات تكوينٍ ما (مثلاً) بنفس سهولة التحكم بتكوينٍ آخر مألوفٍ أكثر، وهو نفس النوع كالطائرة بدون طيّار التي ستبنيها في هذا الكتاب.

وبما أنه مشروعٌ مفتوح المصدر، تم إنشاء OpenPilot من قِبل مجتمع كامل من المطوِّرين وقد ظهر لأول مرة في العام 2010 (راجع الشكل 14-2). منذ ذلك الوقت، قام المجتمع بتطوير منصات أجهزة مختلفة لكي ترافق البرنامج، كما أضافوا ميزات نشيطة إلى الطيّار الآلي نفسه. لكي تتعلم المزيد عن OpenPilot، قم بزيارة openpilot.org.

متحكم الطيران MultiWii

كما OpenPilot، تم تطوير متحكم الطيران MultiWii من قِبل مجتمع مفتوح المصدر (راجع الشكل 14-3). وكان المشروع الأصلي يتضمن استخدام نَنتشوك Wii كمتحكم (ومن هنا جاء إسمه)، لكن له الآن منصة صلبة للمروحيات المتعددة المراوح مع ميزات جهازية وبرمجية تُضاف مع كل إصدار جديد.

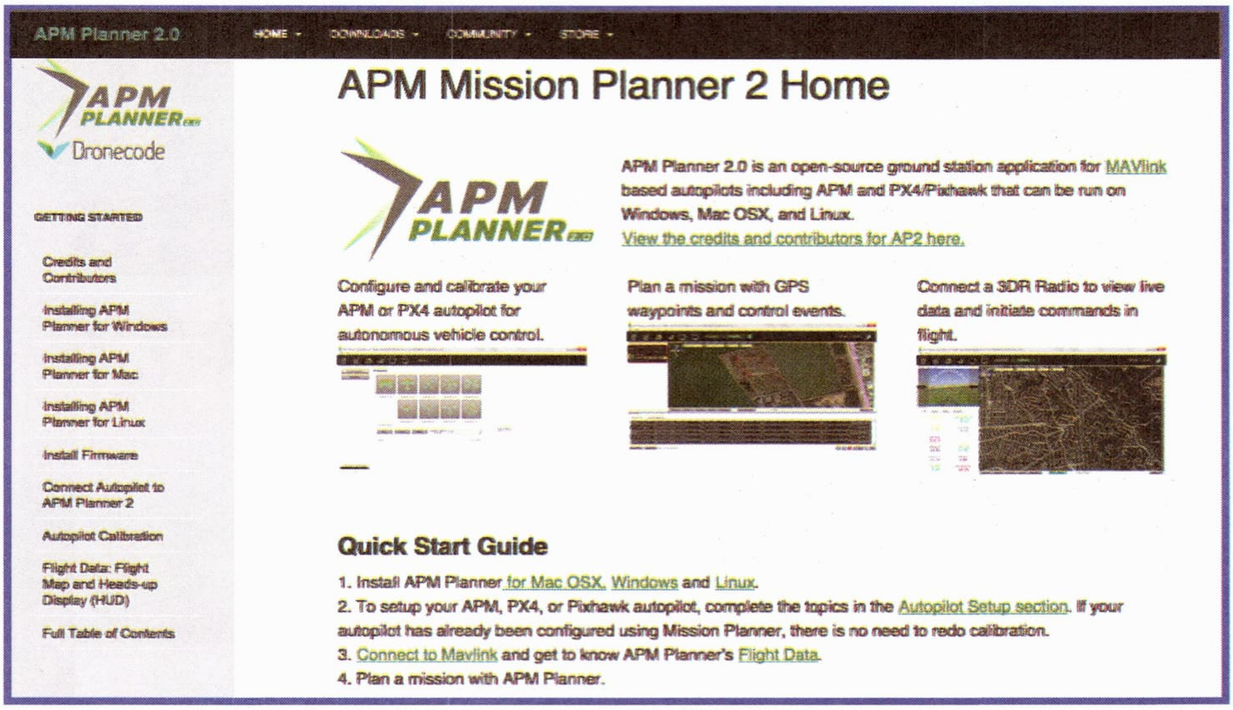
في البدء، كان الجهاز يتألف من وحدات جاهزة على الرف مثل بطاقات الأردوينو واللوحات IMU، لكن تم أخيراً تطوير لوحة متحكم طيران رسمية. يمكنك شراء استنساخٍ عن المشروع من تشكيلة متنوعة من المتاجر على الانترنت، أو يمكنك توصيل القطع ببعضها بنفسك. لتتعلم المزيد عن متحكم الطيران MultiWii، أو تنزيل البرنامج، أو معرفة كيفية المساهمة، قم بزيارة multiwii.com.



الشكل 2-14 OpenPilot



الشكل 3-14 يبيِّن موقع متحكم الطيران MultiWii كيفية التحكم بالطائرة بدون طيّار بواسطة نَنتشوك Wii.



الشكل 14-4 بدأ Ardupilot كجهاز قيادة يرتكز على أردوينو.

APM Planner 2.0

في الأيـــام المـــتهورة للطائرات بدون طيّار المصنوعة يدوياً، كانت المحاولات الأولى لبناء طيّارين آليين مرتكـــزين علـــى أردوينو تسمّى Ardupilot. ومع مرور الوقت، تم دمج البرنامج في المنتجات التي يبيعها صانع الطائرات بدون طيّار 3DRobotics، وتم تغيير إسم مشروع البرنامج الشامل إلى APM.

يـــدعم APM، المبيَّن في الشكل 14-4، الطائرات ذات الأجنحة الثابتة، والعربات الجوّالة، وسرب من المـــروحيات تتضمن ما بين مروحيتين وثماني مراوح في التكاوين القياسية. يمكنك تعلّم المزيد على العنوان planner2.ardupilot.com/

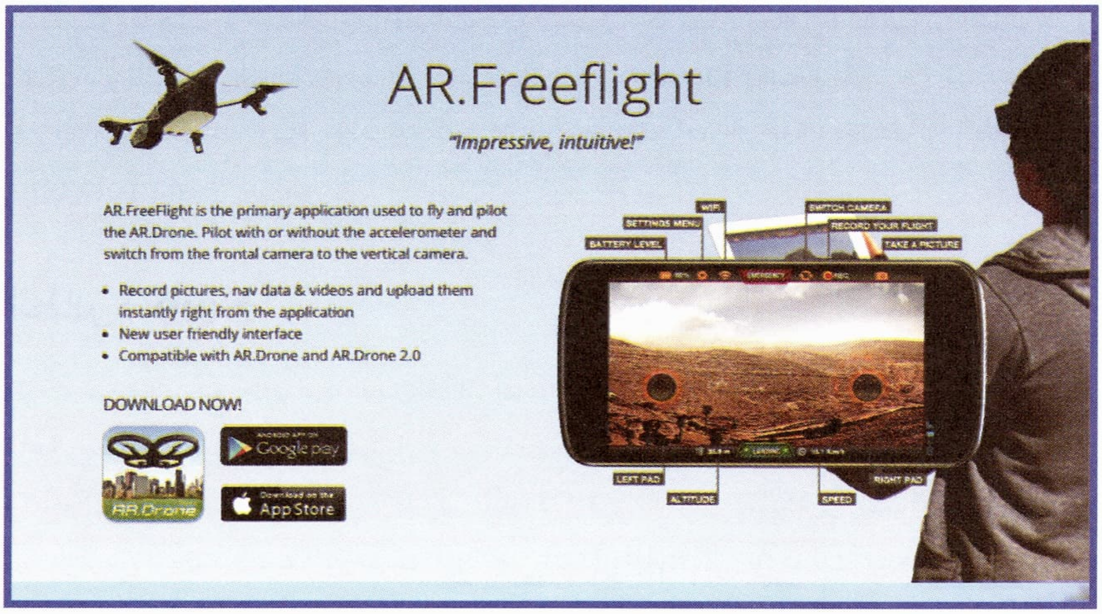
eMotion

تقدِّم SenseFly طائرات بدون طيّار فعّالة ومتطوّرة مخصّصة للمحترفين، مع طائرات بدون طيّار ذات أجـــنحة ثابتة مخصصة للزراعة، وكوادكوبترات لفحص الجسور، وطائرات بدون طيّار استطلاعية، وغيرها من الأجهزة غير المخصصة للهواة.

لذا من غير المستغرب أن برنامجها eMotion، المبيَّن في الشكل 14-5، جدّي جداً، مع ميزات متطوّرة كمحاكـــاة الطيران، وتخطيط المهام، ومراقبة المستشعرات من خلال التطبيق. أما السيئة فهي أن eMotion يعمـــل فقط مع طائرات SenseFly! يحتوي موقع الويب sensefly.com على معلومات عن كيفية تنزيل eMotion.



الشكل 14-5 طائرات SenseFly بدون طيّار مخصصة للمهام الخطيرة، وبرنامجها eMotion نشيط جداً.



الشكل 14-6 يخدم AR.Freeflight كنظام تحكم رسمي لطائرات Parrot بدون طيّار.

AR.Freeflight

لطالما كانت Parrot في طليعة صانعي الطائرات بدون طيّار المخصصة للهواة، وتُعتبر طائراتها بدون طيّار AR، والتي تقدّم تصميماً متميزاً يشبه ورقة البرسيم، بعض أشهر الطائرات بدون طيّار التجارية في العالم. ويمكّنك تطبيق Parrot للتحكم بالطائرة بدون طيّار AR.Freeflight، المبيَّن في الشكل 14-6، من التحكم بكل طائراتها بدون طيّار بشكل دقيق جداً بواسطة تطبيق للهاتف.



الشكل 14-7 يتحكّم تطبيق الطائرة Solo بكامل وظائفها.

مع انتشار ظاهرة استخدام الطائرات بدون طيّار كوسيلة معاصِرة للتصوير الفوتوغرافي، يتضمن AR.Freeflight وظيفة إضافية اختيارية تدعى Director Mode (صيغة المخرج) تستمثل عملية الطيران لصناعة الأفلام، مع حركات مبيّتة تقلّد عمليات التدوير، ولقطات الرافعة، واستقرار الطيران. يمكنك تعلّم المزيد على parrot.com.

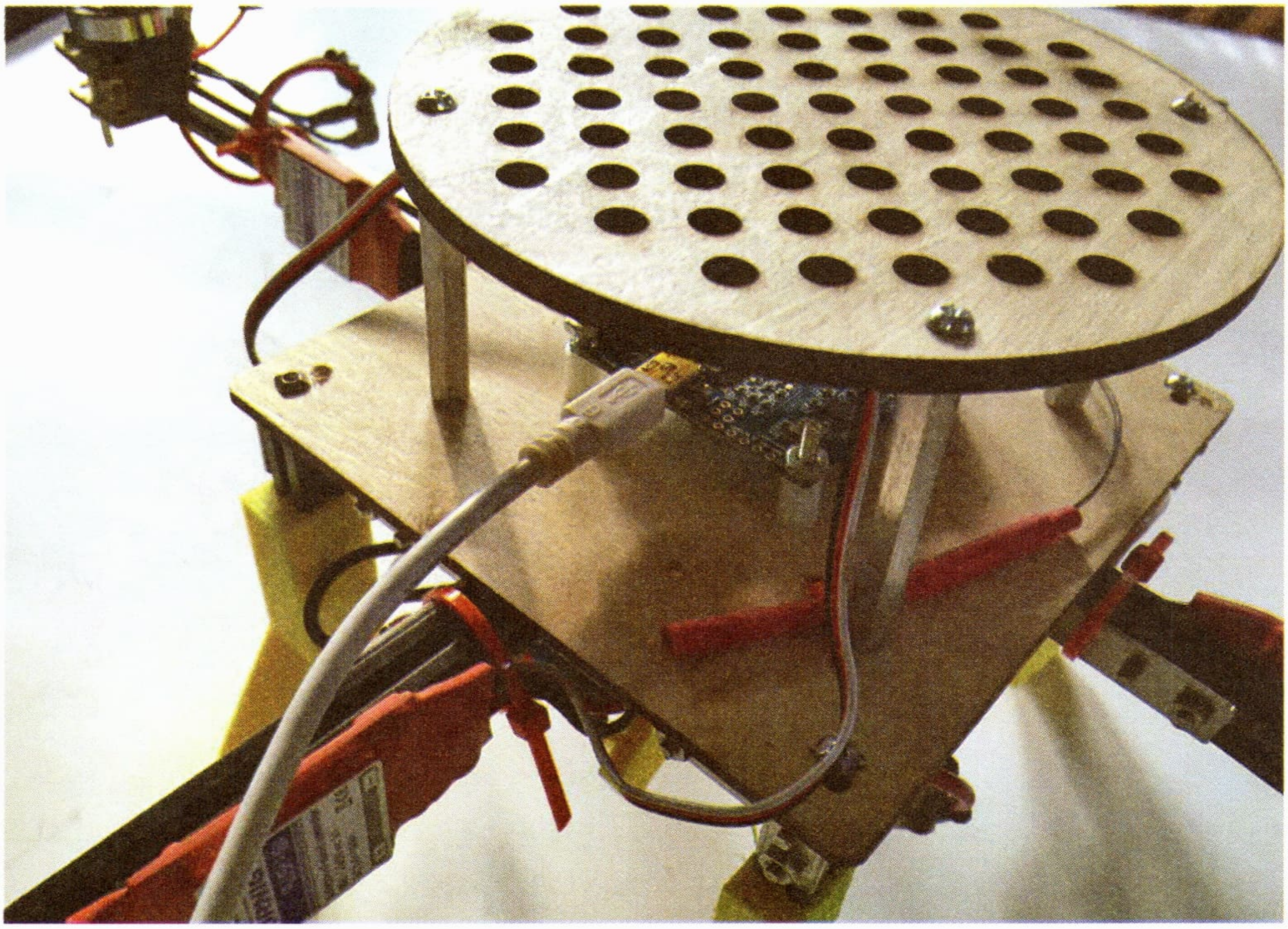
تطبيق الطائرة Solo

لقد ذكرتُ سابقاً صانع طائرات بدون طيّار يدعى 3DRobotics، بدأ أعماله بتوفير كل ما يحتاج إليه هواة صناعة الطائرات بدون طيّار يدوياً. ومع تقديمه Solo، حقّق 3DRobotics نقلةً نوعيةً في مسيرته. فالطائرة Solo، المصنَّفة "أول طائرة بدون طيّار ذكية في العالم" والمبيَّنة في الشكل 14-7، تتضمن طاقة كمبيوتريّة مؤثّرة (بوجود كمبيوتر مبيَّت فيها سرعته 1 غيغاهرتز) وكذلك القدرة على دَفق صورٍ عالية الوضوح (HD) من كاميرا GoPro إلى جهازك الجوّال المفضَّل.

عندما يقولون إنها "ذكية"، فإنهم لا يمزحون. فالصيغة Follow Me (اتبعني) تجعل الطائرة بدون طيّار تتبع هدفاً واحداً أينما ذهب. التطبيق ذكيٌّ، ويستطيع أن يولّد تقريراً بالأعطال تلقائياً عندما تتحطّم الطائرة بدون طيّار. يمكنك معرفة المزيد عن كل تقديماتها على العنوان 3DRobotics.com.

ضبط تكوين متحكم الطيران MultiWii

دعنا نضبط تكوين متحكم الطيران الذي اخترناه، MultiWii. مرة أخرى، يمكنك أن تتعلّم كل شيء عن المشروع على العنوان multiwii.com. دعنا نبدأ!



الشكل 14-8 استخدم كبلاً USB لتوصيل متحكم الطيران MultiWii بكمبيوترك.

1. تأكد أنك قمت بتنزيل وتثبيت أحدث وأكبر إصدار لبيئة تطوير أردوينو المتكاملة (IDE).
2. ابحث عن برنامج متحكم الطيران MultiWii من مخزن شيفرة المشروع على العنوان https://code.google.com/p/multiwii/ ونزّله.
3. افتح مخطط متحكم الطيران MultiWii في بيئة أردوينو. يتألف المخطط من عدة علامات تبويب، مثلما سأشرح لاحقاً في الفصل. انقر علامة التبويب Config.h وخصِّص المخطط بناءً على تكوين مروحيتك، ونظام التحكم اللاسلكي الذي اخترته، والمتحكم الصُغري الذي انتقيته. التعليمات في config.h بسيطة، ولا يجب أن تجد أي صعوبة في تخصيص إعدادك.
4. وصِّل متحكم الطيران MultiWii بكمبيوترك، باستخدام كبلٍ USB صُغريٍ، كما هو مبيَّن في الشكل 14-8.
5. قم بتحميل المخطط إلى لوحة متحكم الطيران MultiWii باستخدام قواعد أردوينو العادية (فمتحكم الطيران MultiWii هو في الأساس مجرد بطاقة أردوينو مخصصة).
6. اضبط تكوين مرسلك. هذا يعني في أغلب الأحيان مجرد ضبط القيمة القصوى للتحكّمات الأربعة الاعتيادية: دواسة الوقود، ودرجة الانحدار، والتدحرج، والانعراج.

7. قم بتوليف الـــ PID. هذا يستلزم تنقيح التحكمات، ويمكنك أن تتعلم كيفية القيام بذلك هنا: .http://www.multiwii.com/wiki/index.php?title=PID

8. عاير المستشعِرات. هذا يتطلب جعل كمبيوترك يتفاعل مع متحكم الطيران باستخدام واجهة برمجية مثل WinGUI (https://code.google.com/p/mw-wingui/). تتيح لك هذه الواجهة الرسومية أن تعاير مقياس المغنطيسية ومقياس التسارع والجيروسكوب.

9. قم برحلة اختبارية، كما هو مشروح في القسم الأخير من هذا الفصل.

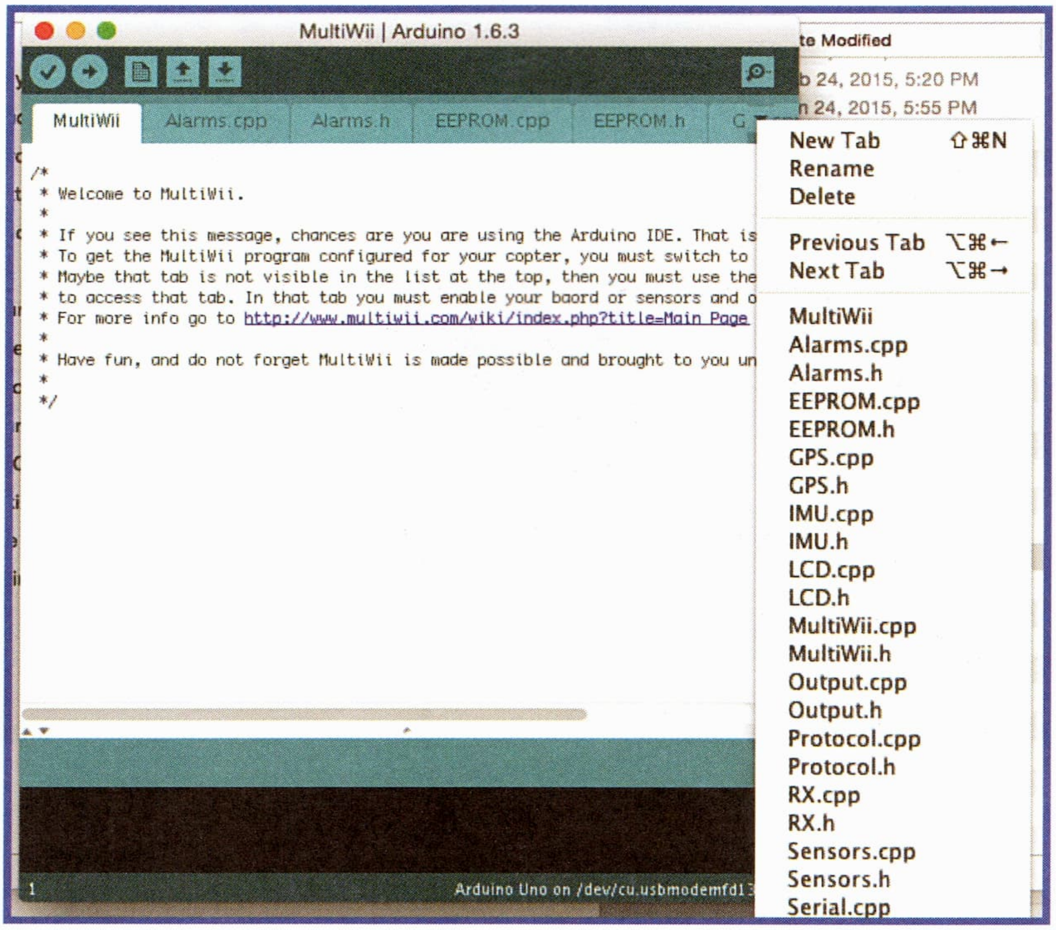
لقد انتهيت! ستقوم في القسم التالي بضبط تكوين الطائرة بدون طيّار الفعلية للقيام برحلة اختبارية.

فحص مخطط متحكم الطيران MultiWii

رغـــم أنـــي لن أغوص كثيراً في كل جزء من المخطط، إلا أنني أود إعطاءك نظرة عامة على هندسته. سيساعدك هذا في عمليات التخصيص أو حل المشاكل.

افتح الملف multiwii.ino في بيئة تطوير أردوينو المتكاملة (IDE). يجب أن ترى رسالة ترحيب بسيطة وكـــذلك عدداً من علامات التبويب التي تحتوي على المكوّنات الفعلية للمخطط (راجع الشكل 14-9). دعنا نناقش تلك المخططات الفرعية الواحد تلو الآخر:

- **Alarms.cpp** و**Alarms.h** - تتحكم هذه المكتبة بالأزّاز ومختلف لمبات التنبيه على متحكم الطيران MultiWii. مثلما قد تتذكر، تتألف المكتبات في عالم أردوينو من ملف مصدر (cpp.) وملف رأس (معلّم بالملحق h.)، وتزوِّد وظائف مهمة جداً.
- **EEPROM.cpp** و**EEPROM.h** - تدير هذه المكتبة مخزن نقاط التوقف (أو المعالم) لنظام التموضع العالمي في ذاكرة متحكم الطيران MultiWii.
- **GPS.cpp** و**GPS.h** - مثلما قد تتوقع، يتحكم هذا المخطط بميزة نظام التموضع العالمي في المروحيات المتعددة المراوح.
- **IMU.cpp** و**IMU.h** - تدير هذه المكتبة وحدة القياس العَطاليّة (inertial measurement unit أو IMU). هذا هو المستشعِر الذي يساعد الطائرة بدون طيّار على تحديد وجهة بوصلتها وارتفاعها.
- **LCD.cpp** و**LCD.h** - تتيح بعض تكاوين الكوادكوبتر للطيّار أن يتفاعل مع متحكم الطيران MultiWii بمساعدة شاشة عرض بالبلّور السائل (LCD)، وهذه المكتبة تدير هذه الشاشة.
- **MultiWii.cpp** و**MultiWii.h** - تحتوي هذه المكتبة على الوظائف الجوهرية للطائرة بدون طيّار، فتسحب البيانات والوظائف من مختلف المكتبات الأخرى التي تؤلّف متحكم الطيران MultiWii.
- **Output.cpp** و**Output.h** - تتحكم هذه المكتبة بمحرّكات المروحيات المتعددة المراوح ومحرّكاتها المؤازِرة، ويمكن إيجاد إعدادات كل تكوينٍ ممكنٍ هنا.



الشكل 9-14 يتضمن مخطط أردوينو لمتحكم الطيران MultiWii عدداً من الملفات الفردية المنظّمة في علامات تبويب.

- **Protocol.cpp** و**Protocol.h** – إن MultiWii يستخدم MSP (اختصار MultiWii Serial Protocol، البروتوكول التسلسلي لمتحكم الطيران MultiWii) لكي يتواصل مع مختلف مكوّناته، وهذه المكتبة Protocol تسيطر على MSP.
- **RX.cpp** و**RX.h** – هذه المكتبة هي موردٌ آخر يدعم التواصل التسلسلي.
- **Sensors.cpp** و**Sensors.h** – تدير هذه المكتبة إدخالات المستشعرات، بما في ذلك مقياس التسارع ومقياس المغنطيسية والجيروسكوب والبارومتر، على سبيل الذكر لا الحصر.
- **Serial.cpp** و**Serial.h** – هذه المكتبة هي مورد التحكم التسلسلي الرئيسي.
- **Config.h** – ستنقّح إعدادات المروحية في هذه المكتبة، بما في ذلك انتقاء نوع المروحية، واستخدام وحدة معالجة مركزية (CPU) بديلة، وضبط إعدادات تحكمك اللاسلكي.
- **Def.h** – هذه المكتبة مليئة بالتعريفات: الثوابت المسمّاة التي تعمل في خلفية المخطط.
- **Types** – إنها مكتبة أخرى من الشيفرة الغامضة التي تساعد متحكم الطيران MultiWii على إنجاز أعماله.



الشكل 14-10 تحوم الكوادكوبتر بضعة أمتار عن الأرض.

لائحة تدقيق الاستعداد للطيران

لقد أوشكتَ أن تصبح جاهزاً لاختبار الكوادكوبتر! استعرض لائحة التدقيق الاختبارية البسيطة هذه قبل أن تبدأ:

1. عندما تصل إلى منطقة الطيران، افحص الجوار لتتأكد من عدم وجود خطوط طاقة كهربائية أو أشجار كبيرة أو عقبات أخرى قد تقتل طائرتك. يجب أن تتأكد أيضاً من عدم اقترابك من أي مجال جوي محظور كالمطارات مثلاً.

2. جد مساحة مسطَّحة ومفتوحة لإقلاع وهبوط الطائرة بدون طيّار.

3. وصِّل بطارية مشحونة بضفيرة أسلاك الطائرة بدون طيّار. وأثناء قيامك بذلك، تحقّق جيداً من مختلف الأسلاك للتأكد من عدم وجود أي سلكٍ مرتخٍ.

4. شغِّل المركبة مع إبقاء الخانق (دواسة الوقود) عند الصفر. فقد قفز العديد من الكوادكوبترات عن وسادة الهبوط بالسرعة القصوى لأن الخانق كان مضغوطاً إلى أقصى حد.

5. افحص المراوح وتحقق من اتجاه دورانها. فالمروحية لن تحلّق بشكل صحيح إذا كانت المراوح لا تبرم في الاتجاه الذي يجب أن تبرم فيه.

6. إذا كانت هناك كاميرا مركَّبة على الطائرة بدون طيّار، شغِّلها. وإذا كنت ستصوِّر لقطات فيديو، ابدأ التسجيل.

7. انطلق! اضغط دواسة الوقود ببطء وزد السرعة تدريجياً، مع محاولة التأقلم مع طريقة تحرّك الطائرة بدون طيّار أثناء ارتفاعها عن الأرض، كما هو مبيَّن في الشكل 14-10.

الخلاصة

بعد تثبيت البرنامج، تصبح جاهزاً للتحليق مع النسور! آمل أن يكون هذا الكتاب مفيداً في استكشافك تكنولوجيا الطائرات بدون طيّار. حظاً سعيداً وطيراناً موفقاً!

معجم

XBee وحدة لاسلكية تستخدم البروتوكول ZigBee الشعبي، والذي يُستخدَم لأتمتة المنازل في أغلب الأحيان.

أجهزة وبرامج مفتوحة المصدر (open-source hardware and software) مشاريع إلكترونيات تكون فيها الشيفرة والتصاميم الإلكترونية مشتركة مجاناً، ويستطيع أي شخص أن يعدِّلها أو يعيد إنشاءها.

أداة دوَّارة (rotary tool) أداة كهربائية صغيرة بعدة أنواع من التوصيلات، تتراوح من المناشير إلى آلات التنعيم بالرمل إلى آلات التلميع. ربما سمعتَ بالأداة الرائدة في هذه الفئة، Dremel.

أدوات التصنيع الرقمي (computer numerically controlled أو CNC) معدات كهربائية مركَّبة على سكك حديدية تتبع مساراتها بدقة حسب تعليمات برنامجٍ كمبيوتريّ.

الأشعة تحت الحمراء (Infrared أو IR) نطاقٌ من الضوء يقعٍ خارج النطاق المرئي للبشر، يتم تعديله في أغلب الأحيان لإرسال كميات صغيرة من البيانات - مثلاً، إشارة إيقاف التشغيل للتلفزيون.

ألياف الكربون (carbon-fiber) مادة قوية وخفيفة الوزن تُستخدَم في أغلب الأحيان في الطائرات بدون طيّار والآليات الأخرى.

أمبير (amp) وحدة التيار الكهربائي.

أنبوب ينكمش بالحرارة (heat shrink tubing) أنبوب مطاطيّ غير موصِّل للكهرباء يُستخدَم لتغطية توصيلات الأسلاك. عند تطبيق حرارة عليه، يتقلَّص الأنبوب ليغطي السلك المكشوف.

باص تأريض (ground bus) شريطٌ موصِّلٌ على لوحة التجارب معلّمٌ عادة بالأسود أو الأزرق ومسمّى تأريض.

باص طاقة (power bus) شريطٌ موصِّلٌ على لوحة تجارب مخصّص لتزويد فولطية إلى اللوحة.

بطانة معدنية (bushing) أداة تثبيت صغيرة تُستخدَم لحماية المحور.

بوق المحرّك المؤازِر (servo horn) القرص أو الرافعة الذي يتم وصله بدوّار المحرّك المؤازِر، وكذلك الشيء الذي يجب على المحرّك المؤازِر أن يحرّكه.

بوليمر الليثيوم (LiPo) نوعٌ من البطاريات قابلٌ لإعادة الشحن يُستخدَم في الروبوتيات.

بيئة تطوير متكاملة (integrated development environment أو IDE) برنامجٌ يزوّد خدمات تقنية للمبرمجين لمساعدتهم في كتابة الشيفرة.

تأريض (ground) مسار عودة الدارة الكهربائية. في البطارية، يكون سلك التأريض معلّماً بعلامة طرح (−). وغالباً ما يتم اختصار سلك التأريض بالأحرف GND في عالم الإلكترونيات.

تخطيطي (schematic) التمثيل المرسوم للدارة، مع رموزٍ تمثّل مختلف المكوّنات.

ترانزستور (transistor) بدّالة إلكترونية منمنمة يُتحكَّم بها بواسطة إشارات كهربائية.

تصريف (compile) تحويل إحدى لغات الكمبيوتر إلى لغة أخرى، وتُستخدَم هذه العملية عادة لتحويل الشيفرة المقروءة للإنسان إلى شيفرة مقروءة للآلة.

تصوير فيديوي (first-person video أو FPV) فيديو حيّ، منخفض الدقة عادة، يمكّن طيّار الطائرة بدون طيّار أن يرى ما تراه الطائرة بدون طيّار.

تضمين عرض النبضة (pulse-width modulation أو PWM) وسيلةٌ "لتبهيت" مكوّن إلكتروني كمحرّكٍ أو لمبةٍ LED يكون عادة إما مشتغل (on) أو معطّل (off) عن طريق تشغيله وإيقاف تشغيله بسرعة.

التعرّف بتردّدات الراديو (radio-frequency identification أو RFID) نظامٌ يتضمن مستشعِراً كهربائياً قادراً على قراءة الرُقع غير الموصولة بالكهرباء.

تماثلي (analog) تُرسَل البيانات في موجة متواصلة من الفولطية المختلفة، على عكس الرقمي حيث تُرسَل البيانات في سلسلة من إشارات التشغيل (on) والتعطيل (off).

تمهيد (initialize) إنشاء متغيّرٍ جديدٍ وتعيين قيمة له.

تواصل تسلسلي (serial communication) طريقة اتصال تُرسَل على أساسها البيانات على سلك واحد، وبحيث يُرسَل كل بت بشكل متسلسل.

جهاز قصّ بالليزر (laser cutter) يسمّى أيضاً جهاز حفر بالليزر (laser etcher). يخرق المواد الرفيعة كالكرتون مثلاً، وألواح الألياف ذات الكثافة المتوسطة (MDF)، ولوحات الجُسَيمات.

خارجي الدوران (outrunner) محرّك غطاؤه الخارجي ومغنطيساته الكهربائية تبرم حول محور مركزي.

داخلي الدوران (inrunner) محرّك يتضمن محوراً يبرم مُحاطاً بمغنطيسات كهربائية ثابتة.

دارات متكاملة (integrated circuits أو ICs) سلسلة دارات منمنَمة ثم مضمَّنة في علبة بلاستيكية.

دايود باعث للضوء (light-emitting diode أو LED) الدايود الباعث للضوء هو اللمبة التي تُستخدَم في عالم الإلكترونيات.

دبوس (pin) موصلات الطاقة والبيانات في لوحة الأردوينو.

درع (shield) لوحة دارات ذات وظيفة إضافية للأردوينو. يوضَع في الأعلى مباشرةً، فيتشارك دبابيس الأردوينو بينما يضيف قدراتٍ إضافيةٍ.

رقاقة تحكم بالمحرّك (motor control chip) دارة متكاملة مستمثَلة للتحكم بالمحرّكات، فتوسّع من قدرات الأردوينو.

رقمي (digital) نوعٌ من البيانات يتألف بشكل حصري من تعليمات نعم-أو-لا، مقابل البيانات التماثلية، التي تتألف من مستويات مختلفة من الفولطية.

روبوت مستقل بذاته (autonomous robot) روبوت يتكل على برمجته، وليس على عامل بشري، ليتّخذ قرارات التحكم.

سلك توصيل (lead) سلكٌ أو طرفيةٌ على مكوّنٍ يُستخدم لتوصيله بمكوّنات أخرى.

شاشة تسلسلية (serial monitor) النافذة في بيئة تطوير أردوينو المتكاملة (IDE) حيث يمكن مراقبة حركة المرور التسلسلية. بإمكان هذه الأداة أن تكون رائعة لإزالة العلل من البرامج.

شبكة مشبكية (mesh network) شبكة تتألف من عدة عُقد، كل عقدة منها قادرة على رؤية كل العُقد الأخرى.

طابعة ثلاثية الأبعاد (3D printer) آلة قادرة على صبّ طبقات من البلاستيك فوق بعضها البعض من أجل تشكيل كائنٍ ثلاثي الأبعاد.

طرفية براغي (terminal strips) صفوف الموصلات في لوحات التجارب، التي تمتد بشكل متعامد مع باص الطاقة والتأريض.

طيّار آلي (autopilot) المتحكم الصُغري الذي يقود الطائرة بدون طيّار على مسارٍ مبرمج مسبقاً.

عجلات ميكانوم (Mecanum wheels) عجلات ذات عجلات أصغر عند الحافة، مما يسمح للروبوت بالسير جانبياً وكذلك إلى الأمام والوراء.

عجلة أومني (omni wheel) عجلة مرصَّعة بعجلات جانبية تبرم بشكل حر، مما يسمح للعجلة الرئيسية بأن تتدحرج بشكل متعامد مع اتجاهها الأصلي. تسمّى أيضاً عجلة ميكانوم.

عربة جوّالة (rover) مركبة غير مأهولة تسير على الأرض على شكل سيارة.

كمبيوترات صُغرية (microcomputers) كمبيوترات منمنمة، تتمتّع بكل قدرات الكمبيوترات ذات الحجم الكامل، إن لم يكن المواصفات.

كوادكوبتر (quadcopter) طائرة صغيرة تتألف من أربعة محرّكات ذات مراوح، مركّبة بشكل مضلّع عادة.

لوحة (board) طريقة مختصرة لقول لوحة دارات مطبوعة (printed circuit board أو PCB).

لوحة تجارب (breadboard) لوحة بلاستيكية مثقوبة فيها موصّلات مخفية، مما يتيح لك توصيل الدارات بسهولة ومن دون الحاجة إلى اللحام.

لوحة دارات مطبوعة (printed circuit board أو PCB) لوحة مطلية بمادة موصّلة للكهرباء، مما يتيح لك حَفر دارات عليها وبالتالي إنشاء تجمّعات إلكترونية.

مباعِدات (standoffs) مقابس معدنية أو بلاستيكية تُستخدَم في أغلب الأحيان لإنشاء مسافةٍ أو دعمٍ بين لوحة الدارات المطبوعة (PCB) وسطحٍ آخر.

متحكم إلكتروني بالسرعة (electronic speed controller أو ESC) جهازٌ يحفّز فولطيةً عاليةً في المحرّك، رداً على إشارة منخفضة الفولطية من متحكمٍ صُغريٍ أو مستقبِلٍ لاسلكيٍ.

متحكم الطيران (flight controller) متحكم صُغري مستمثَلٌ للتحكم بالطائرة بدون طيّار بمساعدة مقياسات الارتفاع، ومقياسات المغنطيسية، والمستشعِرات الأخرى.

متحكم صُغري (microcontroller) كمبيوتر بسيط قادر على أخذ إدخالات من المستشعِرات وتشغيل المحرّكات والأضواء.

محرّك تيار مستمر (DC motor) محرّك عادي يدور محوره عند تطبيق فولطية على طرفياته.

محرّك خطوي (stepper motor) محرّك مصمم ليبرم في تزايدات، تسمّى خطوات (steps). يحتوي عادة على أربعة أسلاك أو أكثر.

محرّك مؤازر (servo) محرّك مجهّز بعلبة تروس ومشفِّر، مما يمكّن التحكم بشكل دقيق بالمسافة التي دارت بها قصبة المحرّك.

محرّك يحتوي (brushed)/لا يحتوي (brushless) على مبدِّلات كهربائية تمييزٌ بين أنواع محرّكات التيار المستمر، حيث أن الفرق هو في كيفية إيصال الكهرباء إلى لفافات المحرّك.

مخطط (sketch) لغة أردوينو للبرنامج الذي يتحكّم بدبابيس لوحة الأردوينو.

مركبة تشغيل عن بُعد (remote operating vehicle [ROV]) مركبة غير مأهولة تحت الماء مربوطة بحبل وتُستخدَم للاستكشاف تحت سطح البحر.

مركبة جوية ذات قيادة آلية (unmanned aerial vehicle أو UAV) الإسم الملائم للطائرة بدون طيّار.

مروحية متعددة المراوح (multicopter) بشكل عام، إنها كوادكوبتر (مروحية رُباعية المراوح) أو مروحية تتضمن عدداً أكثر أو أقل من المراوح، مثل الترايكوبتر (ثلاثية المراوح) أو الأوكتوكوبتر (ثُمانية المراوح).

مسار الآلة (toolpath) المسار الذي تسير عليه أداة يُتحكَّم بها بواسطة كمبيوتر.

مستشعِر (sensor) جهاز إلكتروني يرسل بيانات أو فولطية إلى متحكمٍ صُغريٍ عن البيئة التي من حوله.

مستشعِر الأشعة تحت الحمراء الهامدة (passive infrared أو PIR) مستشعِر أشعة تحت الحمراء يكتشف الحركات من خلال تغيّرات طفيفة في الحرارة.

مستشعِر الحرارة والرطوبة (temperature and humidity sensor) مستشعِر رقمي يقيس درجة الحرارة والرطوبة ويعيد قراءةً رقميةً إلى المتحكم الصُغري.

مستشعِر بارومتري (barometric sensor) مستشعِر يكتشف التغيّرات في ضغط الهواء، بشكل مشابه كثيراً للبارومتر.

مستشعِر ضوئي (light sensor) مستشعِر يكتشف وجود الضوء. بعضها يعمل كمقاومٍ متغيّر، حيث أن مستوى الضوء يفرض المقاوَمة، بينما بعضها الآخر رقميٌ ويرسل بياناتٍ رقميةً إلى المتحكم الصُغري.

مستشعِر فوق صوتي (ultrasonic sensor) مستشعِر يكتشف وجود عقبات أمامه ويقيس المسافات بإرساله موجة صوتية غير مسموعة ثم يترقّب سماع الصدى.

مستقبِل الأشعة تحت الحمراء (IR receiver) مستشعِر يكتشف وجود الأشعة تحت الحمراء المتذبذبة عند التردّد الصحيح، 38 ميغاهرتز.

مسجِّل بيانات (datalogger) وحدةٌ في مشروع متحكم صُغري تسجِّل البيانات - قراءات المستشعِر مثلاً.

مشفِّر (encoder) جهاز يستطيع اكتشاف المسافة التي دار بها محور المحرّك، ويعيد هذه القيمة إلى متحكمٍ صُغريٍ.

مصفوفة (array) حسب مصطلحات البرمجة، المصفوفة هي لائحة قيم مخزَّنة لاستخدامها لاحقاً.

مقاوِم (resistor) مكوّن إلكتروني مصمم للحد من انسياب الكهرباء لحماية المكوّنات السريعة العطب والتحكّم بانسياب الفولطية في الدارة.

مقياس التسارع (accelerometer) مستشعِر يحدِّد سرعته وتسارعه ويعيد تلك القيمة إلى متحكم صُغري.

مقياس الجهد (potentiometer) إنه مقاوِم متغيّر يتم تعديله من خلال مقبضٍ.

مقياس المغنطيسية (magnetometer) مستشعِر يكتشف وجود حقول مغنطيسية، بالأخص الحقل المغنطيسي لكوكب الأرض.

مكتبة (library) شيفرة دعم يستشيرها مخطط الأردوينو، مما يتيح لك إبقاء المخطط الرئيسي بسيطاً نسبياً.

نظام تحكم لاسلكي (radio control [RC] system) نظام تحكم لروبوتٍ أو مركبةٍ، يتألف من متحكمٍ ومستقبِلٍ.

نيكل–كادميوم (NiCad) نوعٌ من البطاريات قابلٌ لإعادة الشحن.

نيكل–هدريد المعدن (NiMH) نوعٌ من البطاريات قابلٌ لإعادة الشحن.

هيكل (chassis) الإطار الذي تُثبَّت عليه مكوّنات الروبوت أو الطائرة بدون طيّار.

هيكل الطائرة (airframe) الهيكل المعدني (أو الشاسيه) للكوادكوبتر.

واقية مروحة (prop saver) نوعٌ من الحاملات التي يمكن فكّها بسهولة يساعد على حماية المروحة من الأضرار.

وحدة الوقت الحقيقي (real-time clock [RTC] module) رقاقة لحفظ الوقت فيها بطارية احتياطية، مصممة للمحافظة على الوقت الصحيح لعدة أشهر.

وصلة عبور (jumper) مصطلح عام للإشارة إلى الأسلاك أو الموصِّلات المستخدَمة في مشاريع الإلكترونيات.



دليل بناء

طائرات بدون طيّار

DRONES - درونز

إن كتب **جون بايختال** عن الألعاب والأدوات والروبوتات وإلكترونيات للهواة تتضمن Robot Builder وHack This: 24 Incredible Hackerspace Projects from the DIY Movement وBasic Robot Building With Lego Mindstorms NXT 2.0 وArduino for Beginners كما شارك في تأليف الكتاب MAKE: Lego and Arduino Projects. إنه عضو مؤسِّس في النادي الرائد للمطوِّرين Twin Cities Maker، وكانت بداياته في عالم الكتابة في المدوَّنة الشهيرة GeekDad التابعة لـ Wired وفي مجلة MAKE Magazine المخصصة للتصنيع اليدوي في المنازل.

لا حاجة بك إلى أي خبرة سابقة على الإطلاق!

قم ببناء طائرة بدون طيّار خاصة بك، خطوةً خطوةً، بمساعدة هذا الدليل السهل!

لا شك أنك سمعتَ عن الطائرات بدون طيّار، ورأيتها على الأرجح. استعد الآن لبناء طائرة بدون طيّار خاصة بك - فالمسألة أسهل بكثير مما تظن!

الطائرات بدون طيّار هي أحدث ثورة في عالم التصنيع اليدوي في المنزل، ولا داعي لأن تكون خبيراً تقنياً لكي تبني واحدةً. سيعلّمك جون بايختال، وهو الرائد في تأليف كتب عن الأجهزة والمعدات للمبتدئين، كل المهارات التي ستحتاج إليها.

أولاً، سيبيِّن لك بايختال الطائرات بدون طيّار الرائعة التي قام الآخرون ببنائها. ثم سيستعرض معك العديد من المشاريع الجاهزة: مروحيات رُباعية المراوح، مركبات جوية غير مأهولة، عربات جوّالة، وغيرها. لست مستعداً لتبدأ من الصفر؟ لا مشكلة: سيساعدك بايختال في الاختيار من بين أفضل الأطقم الجديدة في الأسواق هذه الأيام.

وستعلّمك مئات الصور الملوَّنة والواضحة كل خطوة وكل مهارة ستحتاج إليها. وعندما تصبح جاهزاً لمفاهيم متقدمة أكثر، سيشرحها لك بايختال بكلمات بسيطة جداً.

- اكتشف ماهية الطائرات بدون طيّار وسبب رواجها الكبير
- استكشف أكثر المشاريع إبداعيةً هذه الأيام، من المروحيات الرُباعية المراوح الصغيرة المطبوعة بالأبعاد الثلاثية إلى جيوشٍ من الروبوتات العائمة على الماء
- قارن بين الأطقم المتوفرة، والتي يتراوح سعرها من 200$ وما فوق: Parallax ELEV-8 وDJI Phantom 2 Vision+ وOpenROV وActobotics Nomad وBrooklyn Aerodrome Flack وغيرها
- أنشئ طاولة عمل خاصة بك لبناء الطائرات بدون طيّار
- قم ببناء صاروخ، ومنطاد بيضوي، ومركبات برية ومائية
- اصنع مركبات غير مأهولة آلية بالكامل أو مسيَّرة لاسلكياً
- اختر وجمِّع ما يناسبك من الهياكل، والمحرّكات، والمراوح، وأنظمة القيادة والطاقة، والأكسسوارات، والبرامج
- ادمج بطاقة أردوينو لبناء طائرات بدون طيّار مسيَّرة لاسلكياً
- علِّم طائرتك بدون طيّار كيف تسير بمساعدة رُقع تقنية التعرّف بتردّدات الراديو
- تعلّم كل الإلكترونيات والبرمجة الأساسية التي ستحتاج إليها

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbooks.com

الدار العربية للعلوم ناشرون
جائزة النشر والتقنيات الثقافية
2015

جميع كتبنا متوفرة على الإنترنت في مكتبة نيل وفرات.كوم
www.nwf.com

ISBN 978-614-01-1705-1
9 786140 117051

facebook.com/ASPArabic
twitter.com/ASPArabic
www.aspbooks.com
asparabic